
600045846X





LEHRBUCH

DER

CHEMISCHEN UND PHYSIKALISCHEN

GEOLOGIE

VON

GUSTAV BISCHOF.

Erster Band.

Zweite gänzlich umgearbeitete Auflage,

in gedrängter Kürze, mit Zusätzen und Verbesserungen.

Mit einer colorirten Karte.

BONN,

BEI ADOLPH MARCUS.

1863.

Der

Geological Society

of London

widmet

dieses Werk als ein geringes Zeichen

grösster Hochachtung und Dankbarkeit

Der Verfasser,
auswärtiges Mitglied der
Geological Society.

Vorrede.

Die Wahl des Titels des vorliegenden Werkes rechtfertigte ich in der Vorrede zum ersten Bande der ersten Auflage durch die Bemerkung, dafs unsere Erde, so weit wir sie kennen, ein grofses chemisches Laboratorium ist, worin seit der Schöpfungsperiode ununterbrochen fort chemische Processe von Statten gehen, und so lange von Statten gehen werden, als sie ihre Bahn um die Sonne beschreiben wird. Von selbst drängt sich die Frage auf, ob es eine andere, als eine chemische und physikalische Geologie geben könne? — Geht man über die Kenntnifs des Bau's der Erde hinaus, sucht man die Erscheinungen, welche dieser Weltkörper darbietet, sucht man die Veränderungen, welche ununterbrochen in und auf ihm erfolgen, zu erklären: so kommt man in das Gebiet der Chemie und Physik; in dieser Beziehung kann es nur eine chemische und physikalische Geologie geben.

Gleichwohl gehörte es wenigstens früher nicht zu den Seltenheiten, dafs man bei geologischen Forschungen die Gesetze der Chemie und Physik entbehren zu können glaubte. Mit etwas vornehmer Miene wurde der Chemiker manchmal abgewiesen, wenn er sich erlaubte, gegen die genetischen Ansichten mancher Geologen Zweifel und Bedenklichkeiten zu erheben. Dieselben suchte man mit der Einrede zu beseitigen, dafs die grofsen Wirkungen in der Natur im kleinen chemischen Laboratorium nicht nachgeahmt werden könnten, dafs es eine vergebliche Mühe sei, durch Versuche in diesem die Ursache von jenen erforschen zu wollen. Wäre dies der Fall: so könnte sich die Geologie allerdings über Chemie und Physik hinwegsetzen; dann würde aber das Spiel der Phantasie die

Haupterkenntnifsquelle für genetische Forschungen sein, wie dies auch manche geologische Phantasie-Gemälde der ältern und neuern Zeit zeigen.

Glücklicher Weise sind jedoch die Zeiten vorüber, wo solche Ansichten sich geltend machen konnten. Mit mehr oder weniger Recht wird dem Chemiker nur das entgegengesetzt, dafs ihm ein Hauptagens, die Zeit, welche der Natur im ungemessenen Maafse zusteht, fehle, und dafs er defshalb nur höchst unvollkommen ihre grofse Werkstätte nachahmen könne.

Niemand kann bezweifeln, dafs überall, wo chemische Processe von Statten gehen, sei es auf künstlichem Wege in unseren chemischen Laboratorien, oder in der Natur, dieselben Gesetze obwalten. Der Chemiker, dem alle künstlich dargestellten Stoffe zu Gebote stehen, greift nach denjenigen, durch welche er seine Zwecke so schnell und vollständig wie möglich erreicht. Der unorganischen Natur bieten sich sehr wenige Stoffe dar, und nur solche, welche meist nur mit schwachen Affinitäten begabt, lange Zeiträume zur Vollendung chemischer Processe brauchen.

Als ich im Juni 1847 die Vorrede zur ersten Auflage schrieb, stand ich auf einem anderen geologischen Standpunkte als am Schlusse derselben im Jahre 1855. Die vielen, chemischen und physikalischen Gesetzen widersprechenden schwachen Seiten, welche ich beim Studium damaliger geologischer Werke erkannte, waren die Veranlassung zur Herausgabe meines Werkes. Mit einiger Schüchternheit trat ich den, von den damaligen ersten Geologen vertheidigten plutonischen Ansichten entgegen, und um so mehr, da ich, durch Autoritäten geblendet, selbst noch auf dem plutonischen Standpunkte mich befand. Docendo discimus: je mehr ich in meinen geologischen Studien fortschritt, desto mehr erkannte ich die Schwäche der plutonischen Schule, und desto mehr schrumpften die Ueberbleibsel eigener plutonischer Irrthümer zusammen.

„Ohne zu erröthen," entgegnete ich in der ersten Auflage Bd. II. S. 1037 einem mir gemachten Vorwurfe

„dafs meine Ansichten nicht blos in einer beständigen Metamorphose begriffen zu sein scheinen, sondern dafs sie es wirklich sind.“ „Wenn“, sagte ich, „durch fortgesetztes Studium und durch, nach verschiedenen Seiten hin wiederholte sorgfältige Untersuchungen die Ansichten immer mehr geläutert werden, warum sollte man dies nicht eingestehen?“

Einem anderen mir gemachten Vorwurfe, dafs die Anordnung in meinem Werke nicht sehr bequem ist, entgegnete ich im Vorworte zur zweiten Abtheilung des zweiten Bandes S. VI. „dafs die Anordnung manches zu wünschen übrig lasse, habe ich selbst schon längst gefühlt. Die Naturwissenschaften sind aber keine mathematischen Disciplinen, und greifen, wie in der chemischen Geologie, sogar drei naturwissenschaftliche Zweige in einander ein: so hält es schwer, das ordnende Princip zu finden. Uebrigens möge man nicht vergessen, dafs beim Beginnen meines Werkes ein ähnliches wie dieses nicht vorgelegen hatte, wonach ein Plan hätte entworfen werden können. Seit der Bearbeitung der vulkanischen Mineralquellen, 1826, der Wärmelehre des Innern unseres Erdkörpers, 1837, und mehrerer Aufsätze in Zeitschriften habe ich zwar fortwährend geologischen Erscheinungen meine Aufmerksamkeit gewidmet; mein Beruf gestattete aber nicht, ihnen ausschliefslich zu folgen. Einen grofsen Theil meiner geologischen Studien habe ich defshalb erst während der Bearbeitung dieses Buches gemacht, und daher konnte es nicht aus einem Gusse hervorgegangen sein. — Die wiederholten äufserst günstigen Beurtheilungen meines Werkes selbst von denjenigen Geologen, welche in manchen Dingen mit mir nicht übereinstimmen, oder mir Uebertreibungen in, wie mir scheint, consequentem Fortschreiten auf dem betretenen Wege vorwerfen, gibt mir indefs die angenehme Beruhigung, dafs ich mich nicht undankbaren Forschungen hingegeben habe.“

Die Cavendish Society zu London veranlafste mich zur Bearbeitung einer englischen Ausgabe. Der Ueber-

blick über das ganze Werk, den ich gewonnen hatte, als meine Arbeit ihrem Ende nahe war, führte eine zweckmäfsige Anordnung und manche Verbesserungen in dieser Ausgabe herbei. Sie erschien unter dem Titel „Elements of chemical and physical Geology“ Vol. I im Jahr 1854, Vol. II 1855, Vol. III 1859.

Die Geological Society zu London erfreute mich mit nachstehender Zuschrift:

„The Council of the Geological Society of London have awarted to you this year the Wollaston Gold Medal, in recognition of the eminent services rendered by you to geological science by your long continued and laborious chemical investigations on the origin and changes of minerals and rock-substances, as well as by your numerous publications on similar subjects, and especially by the production of your great work on Physical and Chemical Geology [1].“

Diese Anerkennung von Seiten der ausgezeichnetesten Geologen Englands, des Landes der Wiege des Plutonismus, aber auch der Stiftung der Wernerian Society, glaubte ich nicht unberücksichtigt lassen zu dürfen.

Im Allgemeinen habe ich in vorliegender deutschen Ausgabe die Folge der Kapitel der englischen Ausgabe beibehalten, jedoch eine noch mehr systematische Verknüpfung angestrebt. Wie die, obgleich auf ein geringeres Volumen reducirte englische Ausgabe Zuwachs an neuen Thatsachen erlangt hat: so ist dies auch in der vorliegenden deutschen Ausgabe und in noch höherem Grade geschehen.

Die in der ersten Ausgabe häufig gepflogene Polemik habe ich in vorliegender beschränken zu müssen geglaubt, da eine umfassende Widerlegung meiner auf Thatsachen gegründeten Ansichten bis jetzt nicht versucht worden ist. Im Gegentheil haben meine Forschungen eine solche Anerkennung, namentlich von vielen jüngeren Geologen ge-

[1]) Vergl. Adress delivered at the anniversary meeting of the Geological Society of London on the 20th. of February 1863.

funden, und so viele neue Stützen durch deren Untersuchungen gewonnen, daſs es in der That an Stoff zu weiterer Polemik gefehlt haben würde.

Seit Jahren hat mich eine groſse Zahl von in- und ausländischen Geologen mit litterarischen Geschenken und wissenschaftlichen Mittheilungen erfreut, und mich dadurch zum öffentlichen Danke verpflichtet. Durch diese Mittheilungen wurde ich in den Stand gesetzt, mehreres in meinem Werke zu berichtigen und manche Schattenseite in demselben dem Lichte zugänglich zu machen. Meine in der ersten Ausgabe so oft wiederholten Wünsche, daſs andere Kräfte den begonnenen Bau fortsetzen und der Vollendung näher bringen möchten, haben Anklang gefunden.

Man wird in dieser Auflage mehrere neue Kapitel (I und VI) und viele Zusätze zu den Kapiteln VII, IX, XIII, XIV, XV und XVI und viele Verbesserungen finden.

Ungeachtet der dadurch herbeigeführten Vermehrung des Volumens, ist es mir doch gelungen, durch Beseitigung specieller Gegenstände und durch Concentration der in die neue Auflage übergegangenen so viel Raum zu gewinnen, daſs das Volumen des ganzen Werkes sogar noch weit unter das der ersten Auflage fallen wird. So ist der 15 Bogen umfassende erste Abschnitt und das erste Kapitel des zweiten Abschnitts der alten Auflage auf die beiden Kap. III und IV der neuen Auflage reducirt worden. Hin und wieder habe ich, um Raum zu gewinnen, auf die alte Auflage verwiesen. In derselben hatte ich eine gewisse Vollständigkeit der Analysen von Mineralien und Gebirgsgesteinen angestrebt. Da jedoch die Werke von Rammelsberg[1]) und J. Roth[2]) diesem Gegenstande gewidmet sind,

[1]) Handwörterbuch des chemischen Theils der Mineralogie und fünf Supplemente. Berlin 1841—1853. — Die neuere Bearbeitung desselben Gegenstandes unter dem Titel: Handbuch der Mineralchemie. Leipzig 1860.

[2]) Die Gesteins-Analysen in tabellarischer Uebersicht und mit kritischen Erläuterungen. Berlin 1861.

und allen Anforderungen entsprechen: so würde es eine unnöthige Raumverschwendung gewesen sein, wenn ich jenes Streben in der neuen Auflage hätte weiter verfolgen wollen. Im Gegentheil habe ich nur da Analysen aufgenommen, wo genetische und metamorphische Processe es nöthig machten.

Das ganze Werk wird drei Bände von nahe gleichem Volumen umfassen. Der zweite Band ist schon unter der Presse. Der dritte wird bald nachfolgen, und mit einem vollständigen Register schliefsen.

Die erste Auflage war theilweise schon vor mehreren Jahren vergriffen. Ich hielt es lange nicht für möglich, eine neue zu Stande zu bringen, da ich mittlerweile von einer Augenschwäche befallen wurde, welche mir das Lesen und Schreiben sehr erschwerte. Den häufigen Erinnerungen des Herrn Verlegers glaubte ich nie entsprechen zu können; denn ich hatte mich nicht daran gewöhnt, durch Vorlesen den Fortschritten der geologischen Litteratur zu folgen. Gleichwohl habe ich zu diesem Hülfsmittel meine Zuflucht genommen, und es gelang. Da meine Augenschwäche mir gestattet auf Tafeln zu schreiben und ich mich auch an das Dictiren gewöhnte: so entschlofs ich mich endlich Hand an das Werk zu legen.

Bei der Redaction und den Correcturen unterstützten mich mehrere meiner ehemaligen Zuhörer, meine beiden Söhne Gustav und Alfred, die Herren Dr. Hoedt, Dr. Ferdinand Zirkel (dermaliger Professor der Mineralogie in *Lemberg*), Ludwig Dressel S. J., Konen und Rebender.

Herrn Dr. Zirkel verdanke ich besonders mehrere Auszüge aus naturwissenschaftlichen Werken, die Resultate eigener Forschungen, und die Anfertigung der Karte zu Seite 329.

Bonn, den 1. October 1863.

Der Verfasser.

Inhalt.

Seite.

Kapitel XIII.

Kapitel XIV.

Kapitel XV.

Kapitel XVI.

Einleitung.

In der Erdkruste finden wir, so weit wir sie kennen, stets diejenigen Stoffe mit einander gemischt, welche die schwerlöslichsten Verbindungen geben. So die Schwefelsäure und Kohlensäure mit den alkalischen Erden, den Schwefel mit den schweren Metallen, die für sich leicht löslichen alkalischen Silicate mit den erdigen schwerlöslichen zusammengesetzten Silicaten.

Giebt ein Stoff mit mehreren anderen Stoffen schwerlösliche Verbindungen: so kommen die schwerlöslichsten am häufigsten vor.

Unter den im Mineralreiche sich findenden Kalksalzen ist das Kalkcarbonat eine der schwerlöslichsten Verbindungen, viel weniger schwerlöslich ist das Kalksulphat. Jenes Kalkcarbonat ist es aber auch, welches in gröfster und bei weitem gröfserer Menge, als irgend ein anderes Kalksalz, namentlich der Gyps und Anhydrit, vorkommt. Die Kalksilicate sind zwar auch schwerlösliche, jedoch minder schwerlösliche Kalksalze als das Kalkcarbonat; befremden könnte es daher, dafs sich die einfachen Kalksilicate, der Wollastonit etc. so selten finden. Beachtet man indefs, dafs die Kalksilicate unter allen Silicaten durch Kohlensäure am leichtesten zersetzt werden, und dafs diese Säure in der atmosphärischen Luft und in den meisten Gewässern gegenwärtig ist: so kann es nicht mehr befremden, die einfachen Kalksilicate so selten zu finden. Die leichte Zersetzbarkeit dieser Silicate mindert sich selbst dann nur wenig, wenn sie mit anderen Silicaten verbunden sind; daher sind auch die zusammengesetzten Silicate der Zersetzung durch Kohlen-

säure um so mehr unterworfen, je mehr sie Kalksilicate enthalten.

Man sieht hieraus, dafs das frequente Vorkommen eines Minerals nicht blos von seiner Schwerlöslichkeit, sondern auch von seiner schwierigen Zersetzbarkeit abhängt.

Wie das Kalkcarbonat, so ist auch das Magnesiacarbonat eine der schwerlöslichsten Verbindungen, welche diese Erde eingeht. Die schwefelsaure Magnesia ist dagegen ein sehr leichtlösliches Salz, und kann defshalb an Stellen, welche dem Zutritte der Gewässer ausgesetzt sind, gar nicht vorkommen. In Efflorescenzen findet sie sich jedoch auf verschiedenen Gesteinen und auf aufgeschwemmtem Boden; aber nur so lange als festes Salz, als es vor Gewässern geschützt bleibt. Die Magnesiasilicate wetteifern in ihrer Schwerlöslichkeit mit dem Magnesiacarbonat, und da sie überdies sehr schwer zersetzbar sind: so kommen diese Silicate bei weitem häufiger, als die Kalksilicate vor. Die innige Verknüpfung der Schwerlöslichkeit und der schwierigen Zersetzbarkeit eines Minerals mit seinem häufigen Vorkommen zeigt sich daher bei den Magnesiasalzen auf eine sehr hervortretende Weise; denn in den gröfsten Mengen kommt die Magnesia als Carbonat (im Dolomit) und als Silicat (im Speckstein, Talk u. s. w.) vor.

Die Strontianerde findet sich im Mineralreiche nur als Sulphat und als Carbonat. Beide sind schwerlösliche Salze; letzteres aber schwerlöslicher als ersteres. Man möchte daher schliefsen, dafs das Strontiancarbonat häufiger als das Strontiansulphat vorkäme; es scheint aber das Umgekehrte statt zu finden. Ueberhaupt ist jedoch eine solche Schätzung bei Mineralien, die nur in sehr geringen Mengen vorkommen, sehr schwierig.

Bei der Baryterde zeigt sich das Gesetz, dafs die Stoffe in den schwerlöslichsten Verbindungen am häufigsten vorkommen, auf eine in die Augen springende Weise. Der schwefelsaure Baryt gehört zu den schwerlöslichsten Verbindungen, welche wir kennen; in dieser Verbindung findet sich aber auch die Baryterde bei weitem am häufigsten. Das Vorkommen des kohlensauren Baryt steht

dagegen sehr zurück, und ohne Zweifel defshalb, weil dieser bei weitem weniger schwerlöslich als der schwefelsaure Baryt ist.

Die Beziehungen zwischen dem mehr oder weniger frequenten Vorkommen der Mineralien und ihrer gröfseren oder geringeren Schwerlöslichkeit, welche bei den Carbonaten und Sulphaten so sehr hervortreten, zeigen sich in geringerem Grade bei den Silicaten. Unter den im Mineralreiche sich findenden Silicaten treten überhaupt bedeutende Unterschiede in ihrer Löslichkeit nicht hervor. Diese Unterschiede lassen sich wenigstens durch das Experiment kaum oder doch nur sehr schwierig ermitteln. Die einfachen Magnesiasilicate haben wir schon vorhin erwähnt; wir fügen hinzu die Eisenoxydul- und die Thonerdesilicate (die Thone), welche gleichfalls sehr schwerlöslich und sehr schwierig zersetzbar sind. Diesen Eigenschaften entspricht auch das häufige Vorkommen derselben, ganz besonders der Thonerdesilicate, welche in gröfster Menge als Zersetzungsproduct zusammengesetzter Silicate auftreten. Das Streben der Natur, schwerlösliche Verbindungen zu bilden, tritt übrigens nachgerade in den zusammengesetzten Silicaten hervor.

Wenn in grofsen Mengen vorkommende Stoffe schwerlösliche Verbindungen nur mit solchen Stoffen geben, welche in verhältnifsmäfsig geringen Quantitäten auftreten: so finden sich erstere auch mit solchen Stoffen gemischt, mit denen sie weniger schwerlösliche Verbindungen geben. Dies ist namentlich beim Chlor der Fall. Dieser ungemein verbreitete Stoff geht mit Silber und Quecksilber höchst, mit Blei weniger schwerlösliche Verbindungen ein. Mit diesen gemischt finden wir auch das Chlor im Mineralreiche, aber in so geringen Quantitäten, dafs diese Verbindungen im Verhältnisse zu seinen leichtlöslichen gar nicht in Betracht kommen. Es ist begreiflich, dafs nur jene schwerlöslichen Chlormetalle im Mineralreiche und selbst da vorkommen können, wo sie den Gewässern ausgesetzt sind, während sich die leichtlöslichen Chlormetalle, das Chlornatrium, Chlormagnesium, Chlorkalium, Chlorcalcium, namentlich die zwei ersteren in wässriger Lösung in ungeheuren Quantitäten im Meere, in geringeren Men-

gen auch in manchen, das Chlornatrium fast in allen Quellen finden.

Die Processe, wodurch auf künstlichem Wege Chlorsilber, Chlorquecksilber und Chlorblei so leicht entstehen, können im Mineralreiche nur selten stattfinden. Dafs ihre Bildung in demselben Bedingungen voraussetzt, welche selten zusammentreffen, zeigt ihr seltenes Vorkommen. Da nun Silber und Quecksilber mit Schwefel eben so schwerlösliche Verbindungen wie mit Chlor eingehen, und die Bedingungen zur Bildung dieser Schwefelmetalle in den Erzgängen leicht gedacht werden können: so begreift man ihr häufigstes Vorkommen in diesen Verbindungen ohne Schwierigkeit. Dasselbe gilt vom Blei und um so mehr, da Schwefelblei bei weitem schwerlöslicher als Chlorblei ist.

Da unter den im Kapitel XVIII zu erörternden Bedingungen das Chlornatrium sich durch Verdunstung des Meerwassers absetzt: so ist es nicht befremdend, solche Absätze zwischen andern sedimentären Formationen zu finden. Aber nur dann können sich die Absätze dieses leichtlöslichen Salzes erhalten, wenn sie durch, auf ihnen liegende wasserdichte Thonlager gegen den Zutritt des Wassers geschützt sind. Wo dies nicht der Fall ist, wird das Steinsalz nach und nach aufgelöst und durch aufsteigende Quellen fortgeführt. Dies ist in völliger Uebereinstimmung damit, dafs alle Quellwasser mehr oder weniger Chlornatrium enthalten. Ein geringer Gehalt an diesem Salze rührt übrigens, wie dies im Kapitel XVIII nachgewiesen werden wird, von den geringen Mengen Chlornatrium her, welche von den im Meere erfolgten sedimentären Bildungen eingeschlossen worden sind.

Was von den Chlormetallen gilt, das hat auch Bezug auf die Brom- und Jodmetalle. Es sind gleichfalls nur die höchst schwerlöslichen Verbindungen des Silbers und Quecksilbers mit Brom und Jod, welche als feste Mineralien vorkommen; alle übrigen leichtlöslichen Bromüre und Jodüre finden sich nur in wässriger Lösung.

Anders verhält sich's mit den Fluormetallen. Das Fluor geht nur mit den Metallen der Alkalien leichtlösliche, mit allen andern Metallen dagegen mehr oder weniger

schwerlösliche Verbindungen ein. Daher finden sich bei weitem die meisten Fluorüre im festen und nur sehr geringe Mengen davon im aufgelösten Zustande.

Allgemein gültige Gesetze zwischen Leicht- oder Schwerlöslichkeit und den Affinitätsgesetzen sind nicht zu ermitteln. Phosphorsäure und Baryt, zwei leichtlösliche Substanzen, mischen sich auf nassem Wege wie in der Hitze leicht mit einander und geben ein sehr schwerlösliches Salz. Kalium und Schwefel, welche zu den schwerlöslichsten Stoffen gehören, mischen sich in mäfsiger Hitze mit einander und geben sehr leichtlösliche Verbindungen, welche sogar in der Luft zerfliefsen. Da beide Stoffe im Momente der Mischung eine starke Feuererscheinung zeigen: so schliefsen wir mit gutem Grunde, dafs sie eine grofse Verwandtschaft zu einander haben.

Geben zwei leichtlösliche Stoffe mit einander eine schwerlösliche Verbindung, so entsteht diese stets, wenn beide sich in wässriger Lösung sei es im freien oder gebundenen Zustande begegnen. Dass dies selbst dann noch geschieht, wenn beide Stoffe in löslichen Verbindungen zusammenkommen, zeigen unzählige Beispiele von Zersetzungen durch doppelte Wahlverwandtschaft. Nur dann finden keine Niederschläge statt, wenn andere Substanzen in den Lösungen vorhanden sind, welche auflösend auf die gebildeten unlöslichen Verbindungen wirken, oder mit denselben leichtlösliche Doppelverbindungen eingehen.

Der so schwierig zersetzbare schwefelsaure Kalk wird durch kohlensaure Alkalien zersetzt, weil das Kalkcarbonat schwerlöslicher als das Kalksulphat ist, mithin die Kohlensäure und der Kalk nicht neben einander bestehen können, ohne diese schwerlöslichere Verbindung mit einander einzugehen. Bei dieser Zersetzung verdrängt die schwache Kohlensäure die starke Schwefelsäure.

Finden Zersetzungen durch doppelte Wahlverwandtschaft statt, ohne dafs sich schwerlösliche Verbindungen bilden: so können dieselben nur von den Wirkungen der stärkeren Verwandtschaften herrühren. Solche Zersetzungen lassen sich nur selten nachweisen; man kann jedoch auf sie schliefsen, wenn gewisse Veränderungen, nament-

lich Farbenveränderungen eintreten. Es kann z. B. nicht zweifelhaft sein, dafs sich schwefelsaures Kupferoxyd und Chlornatrium, beide in wässrigen Lösungen zusammengebracht, gegenseitig theilweise zersetzen, indem schwefelsaures Natron und Kupferchlorid entstehen; denn die blaue Farbe des schwefelsauren Kupferoxyd geht in die grüne des Kupferchlorid über.

Wie die stärksten, so machen sich auch die schwächsten Verwandtschaften im Mineralreiche geltend. Die edlen Metalle, Gold und Platin, welche sich auf direktem Wege weder mit Sauerstoff noch mit Schwefel verbinden, finden sich nur gediegen oder mit andern Metallen legirt. Das auf direktem Wege gleichfalls nicht oxydirbare Silber findet sich, mit Ausnahme des äufserst selten vorkommenden kohlensauren Silberoxyd gleichfalls nicht im oxydirten Zustande. Seine grofse Verwandtschaft zum Schwefel macht sich aber geltend; denn bei weitem das meiste Silber kommt in Verbindung mit Schwefel vor, und alles gediegene Silber scheint ein Zersetzungsproduct des Schwefelsilbers zu sein. Nichts berechtigt zur Annahme, dafs jemals gediegenes Silber, seine Verbindung mit gediegenem Gold ausgenommen, als eine ursprüngliche Bildung existirt habe.

Es ist die Frage aufzuwerfen, ob das Gesetz, dafs sich in den Mineralien stets die schwerlöslichsten Verbindungen der Stoffe finden, und dafs leichtlösliche Verbindungen nur da existiren, wo sie gegen den Zutritt der Gewässer geschützt sind, mit der angenommenen Bildung der Mineralien auf feuerflüssigem Wege in Einklang zu bringen ist.

Die Hypothese von dem feurigen Ursprunge unsers Planeten muss die Existenz des tropfbarflüssigen Wassers auf ihm in der Schöpfungsperiode in Abrede stellen; sie mufs annehmen, dafs diese Flüssigkeit die heifse Erde im dampfförmigen Zustande umgeben habe. Die im kalten Weltraume sich bewegende heifse Erde mufste auf ihrer Oberfläche allmälig abkühlen und in Folge dieser Abkühlung konnte der Wasserdampf erst nach und nach zur Condensation gekommen sein. Der Druck, den eine solche Dampfatmosphäre auf die Erde ausübte, mufste

den unserer jetzigen Atmosphäre bei weitem übertroffen haben; unter einem solchen höheren Drucke würde aber die Condensation des Dampfes schon bei einer, den Siedepunkt des Wassers unter dem dermaligen Luftdrucke übersteigenden Temperatur statt gefunden haben.

Es liegt uns fern, die frühesten Zustände unserer Erde einer Besprechung und die Vorstellungen hierüber einer Kritik unterwerfen zu wollen. An die Lösung einer solchen Aufgabe könnte man erst dann denken, wenn Hoffnung vorhanden wäre, in der Erkenntnifs ihrer damaligen Zustände einst so weit fortzuschreiten, dafs nichts Unklares mehr übrig bliebe. Gleichwohl mag es gestattet sein, nur mit wenigen Worten hervorzuheben, dafs zu Gunsten der Hypothese von dem feurigen Ursprunge der Erde Thatsachen angeführt werden können, welche in dieser Hypothese ihre Erklärung finden.

Huyghens und Newton gingen von der Hypothese eines ursprünglich flüssigen Zustandes der Erde aus, und zeigten, dafs in diesem Falle die Rotations-Bewegung dieses Weltkörpers eine Abplattung an seinen Polen hervorbringen mufste. Die wirklich ellipsoidische Gestalt desselben wurde durch die später unternommenen Messungen von Breiten- und Längengraden so wie durch die Pendelbeobachtungen vollkommen bestätigt. Dafs eine Hypothese einen hohen Grad von Wahrscheinlichkeit erlangt, wenn aus ihr auf ein Verhältnifs geschlossen werden kann, welches Versuche und Beobachtungen als ein wirkliches erkennen lassen, ist keinem Zweifel unterworfen.

Sind wir berechtigt, der Hypothese eines ursprünglich flüssigen Zustandes der Erde einen hohen Grad von Wahrscheinlichkeit zuzutheilen: so fragt sich's, welche Gründe für den wässrig-flüssigen und welche für den feurig-flüssigen Zustand sprechen. An eine wässrige Lösung ist nicht zu denken, da die grofse Schwerlöslichkeit der bei weitem meisten Stoffe, welche die Erde zusammensetzen, eine Menge Wassers voraussetzte, von welcher das dermalen auf ihr vorhandene Wasser nur ein ganz kleiner Bruchtheil sein würde. Es bliebe daher nur die Annahme eines breiartigen Zustandes der Erde in ihrer Schöpfungsperiode übrig.

Hatte die Erde in dieser Periode die niedrige Temperatur des Weltenraums: so würde sie sich durch die Wirkung der Sonne nach und nach bis zu ihrer dermaligen Temperatur erwärmt haben. In diesem Falle hätte ihre Erwärmung von ihrer Oberfläche ausgehen müssen, und es würde sich daher eine Temperatur-Abnahme von aufsen nach innen zeigen. Alle bis jetzt in Bergwerken und in Bohrlöchern angestellten Beobachtungen haben aber das Gegentheil, eine Temperatur-Zunahme von aufsen nach innen, dargethan. Ebenso werden die Quellen um so wärmer, je tiefer sie heraufkommen. Locale Ursachen, welche die Quellen zu erwärmen im Stande wären, sind nicht anzunehmen; denn da man überall, wo man nur bohren mag, mit zunehmenden Tiefen auf immer wärmer werdende Wasser kommt: so kann nur eine allgemeine Ursache dieser Erwärmung gedacht werden, und diese findet sich in der Temperatur-Zunahme nach dem Innern der Erde.

Wäre die Erde nicht mit einem ihr eigenthümlichen Wärmegrad erschaffen worden: so würde sie die Temperatur des Raumes angenommen haben, in welchem sie entstanden ist. Die niedrigste in den Polar-Regionen beobachtete Temperatur ist nach Back —45°, 3 R.[1]); die Temperatur des Himmelsraums kann daher nicht höher, wohl aber noch niedriger sein. Unter diesen Umständen würde in der Schöpfungs-Periode kein liquides Wasser, sondern nur Eis auf der Erde vorhanden gewesen sein. Ein breiartiger Zustand der Erde würde also nicht stattgefunden haben. Erst als ihre Temperatur durch die Wirkung der Sonne über Null gestiegen war, wäre das Eis zum Schmelzen gekommen. Wegen der grofsen Masse der Erde und ihrer schlechten Wärmeleitungs-Fähigkeit würde ein, gewiss Millionen von Jahren umfassender Zeitraum zu einer, mindestens 45°,3 betragenden Temperatur-Zunahme erforderlich gewesen sein. Während dieses langen Zeitraums hätte die starre Erde keine Abplattung erleiden können; aber selbst später nicht, nachdem die Temperatur in der heifsen und in den gemäfsigten Zonen über Null

[1]) Poggend. Ann. B. 38. S. 235.

und bis zu denjenigen Graden gekommen wäre, welche jetzt dort herrschen.

Im ganzen nördlichen *Sibirien* ist der Boden, selbst in der heissesten Jahreszeit, von einer gewissen, nach Oertlichkeit und geographischer Breite verschiedenen Tiefe ab gefroren, und die Dicke dieser eisigen Schicht ist an den ostwärts gelegenen Orten, wie namentlich bei *Jakutzk* (62° N. Br.) so beträchtlich, dafs man sie durch Graben und Bohren noch nicht zu durchsinken vermocht hat [1]). Aus v. Middendorff's Temperatur-Beobachtungen im *Schergin*-Schacht daselbst ergab sich, dafs in demselben nicht nur alle Feuchtigkeit des Bodens bis zu seinem Grunde gefroren ist, sondern dafs in der Tiefe von 382 F. engl. tief eingetriebene Thermometer noch —2°,4 R. zeigten [2]). Nach der dort ermittelten Temperatur-Zunahme würde erst in einer Tiefe von ungefähr 582 F. (500 F. unter dem Bette der *Lena*) der Nullpunkt zu erwarten sein. Nach den von K. E. v. Baer [3]) mitgetheilten Temperatur-Beobachtungen auf der kaum 15 Meilen breiten Insel *Nowaja-Semlja* (70° 37′ — 73° N. Br.) ist die dortige mittlere Lufttemperatur — 7°,1 R. Da das Mittel selbst im August nur + 2°,4 und + 4° betrug: so scheint der dortige Erdboden wohl nur wenige Fuss tief während der Sommermonate aufzuthauen, und es mögen dort nahe dieselben Temperatur-Verhältnisse, wie zu *Jakutzk*, wo die mittlere Temperatur sogar etwas höher (— 6°,5) ist, statt finden. Die *karische Pforte* an der Ostküste der Insel (der eine Beobachtungspunkt), ist fast immer durch Eis gesperrt und nur in ganz kurzen Intervallen zeigt sich freie Durchfahrt. Das auf drei Seiten vom Land umschlossene *karische Meer* gleicht einem Eiskeller, der nur dann sein Eis verliert, wenn Süd- oder Südwestwinde längere Zeit wehen, bei jedem anderen Winde aber sich wieder mit Eis füllt. Auch in der Gegend der *York-Factory*, (57° N. Br.) an der Südwestküste der *Hudson-Bay* in *Nordamerika*, ist, nach Richardson [4]), der Boden

---

[1]) Meine „Wärmelehre des Innern unseres Erdkörpers." S. 136.

[2]) Poggend. Ann. B. 62. S. 404.

[3]) Ebend. B. 43. S. 336.

[4]) Ebend. S. 360.

beständig gefroren und thaut nur in einem günstigen Sommer bis zu 4 Fufs Tiefe auf. Nirgendwo im Innern traf er einen beständig gefrorenen Boden an; das Vorkommen desselben in jener Gegend ist, nach ihm, vielleicht der Nähe des Meeres zuzuschreiben. Das südlichste bisher aufgefundene Land, von 70° bis 79° S. Br., welches Ross entdeckte und *Victoria-Land* nannte, ist an seinen Küsten von ewigem Eise umgeben und ohne alle Vegetation, welches gewifs dafür spricht, dafs dort der Boden beständig gefroren ist.

Nach vorstehenden Beobachtungen erscheint es nicht zweifelhaft, dafs auf dem Festlande und auf den Inseln der kalten Zonen der Boden in gewissen Tiefen stets gefroren bleibt, und nur während der Sommermonate manchmal einige Fufs tief zum Aufthauen kommt. An manchen Stellen zieht sich sogar der gefrorne Boden mehrere Breitengrade weit in die gemäfsigte Zone hinein. So liegt *Jakutzk* noch 4° 30′ und *York-Factory* noch 9° 30′ südlich vom nördlichen Polarkreise.

Horner[1]) fand im *Ochotzkischen Meer* in Tiefen von 180 bis 690 Fufs (engl.) — 1°,6 R. im August, Sabine[2]) in 66° 50′ N. Br. in einer Tiefe von 4080 F. — 2°,9 im September, Ross[3]) in 67° N. Br. in einer Tiefe von 4020 F. sogar — 3°,1 im Juni. Dies scheinen die niedrigsten bis jetzt beobachteten Temperaturen zu sein.

Mufs man daher von einem wässerig-flüssigen Zustande unserer Erde in der Schöpfungsperiode gänzlich abstrahiren, kann man aber ihre Abplattung nur durch die Annahme eines plastischen Zustandes erklären: so bleibt blofs der feuerflüssige Zustand übrig.

Welche Stoffe können in einem solchen feuerflüssigen Erdkörper gedacht und welche nicht gedacht werden? Kieselsäure und Basen, mögen letztere frei oder an flüchtige Säuren gebunden sein, können in hohen Temperaturen nicht neben einander bestehen, ohne dafs Silicate gebildet werden. Die Coëxistenz von Quarz und

---

[1]) Gilbert's Ann. B. 63. S. 271.

[2]) Ebend. S. 265.

[3]) Dessen Reise. Appendix.

Kalkstein in einer feuerflüssigen Erde ist daher nicht möglich. Kieselsäure kann selbst nicht neben Silicaten bestehen, ohne dafs sie damit zusammenschmilzt.

Man hat sich sehr gequält, die Existenz der kohlensauren Kalkerde (der krystallisirten Kalksteine) in einem feuerflüssigen Erdkörper durch Halls bekanntes Experiment, dafs dieses Carbonat unter hohem Drucke schmelzen könne, ohne seine Kohlensäure zu verlieren, beweisen zu wollen. Kaum kann es indefs eine Erscheinung geben, welche mehr Unheil in der Geologie angerichtet hat, als diese; denn dieser geschmolzene kohlensaure Kalk scheint für die Plutonisten der lapis philosophorum geworden zu sein. Mit Hülfe hohen Drucks glaubten sie sich über alle chemischen Gesetze wegsetzen zu können; mit vornehmer Miene wiesen sie den Chemiker zurecht, wenn er sich erlaubte, gegen die von ihnen ausgeklügelten Verwandtschaftsgesetze Erinnerungen zu machen.

Die Vertheidiger des plutonischen Ursprungs des körnigen Kalksteins vergafsen indefs, dafs in einem feuerflüssigen Erdkörper kohlensaurer Kalk neben Silicaten gar nicht bestehen kann.

Bei metallurgischen Processen setzt man zu quarzhaltigen Erzen Kalkcarbonate, um eine leicht schmelzbare Schlacke zu bilden: das Carbonat verliert seine Kohlensäure und verbindet sich mit der Kieselsäure zu Kalksilicat. Man wendet für diesen Zweck selbst basische Silicate (Bisilicate) an, um Quarz zu verschlacken. Je mehr aber die Kieselsäure steigt, oder auch je mehr Thonerdesilicate vorhanden sind, desto strengflüssiger werden die Schlacken. Die strengflüssigsten Silicate (Thonerde- und Magnesiasilicate) werden leichter schmelzbar, wenn andere leichtschmelzbarere Silicate (Kalk- und Eisenoxydulsilicat) zugesetzt werden.

Diese Thatsachen liefern die Beweise der oben aufgestellten Axiome.

Dafs die Kieselsäure unter allen Bestandtheilen der Erdkruste, so tief hinab, als wir diese kennen, bei weitem am meisten verbreitet ist, unterliegt keinem Zweifel. Die mächtigen Sandsteinlager, die Quarzite, die Sandlager in den Alluvionen u. s. w. bestehen fast ganz aus Kiesel-

säure. Vorherrschend ist sie auch in den meisten der aus Silicaten bestehenden Formationen. In der mächtigsten unter allen sedimentären Formationen, im Thonschiefer, im Versteinerungen führenden, so wie im Urthonschiefer, in der Grauwacke steigt der Kieselsäuregehalt bis 78 %. In granitischen und syenitischen Gesteinen, in den Porphyren von 62 % bis 76 %, im Granulit sogar bis 82 %. Selbst in den an Kieselsäure ärmsten Gesteinen, in basaltischen und melaphyrischen, deren Vorkommen nur ein kleiner Bruchtheil von den vorgenannten ist, beträgt sie 33 % bis 63 %. Am reichsten an Basen sind die Kalksteine und Dolomite. In jenen steigt der Kalkgehalt nicht über 56 % und in diesen nicht über 30 % und die Magnesia nicht über 22 %. Aus obigen Zahlen des approximativen Kieselsäuregehaltes in den Silicatgesteinen ergeben sich die approximativen Procente des Gehaltes an Basen durch Subtraction. In keinem Gestein steigt demnach der Gehalt an Basen so hoch wie der an Kieselsäure in den Silicatgesteinen.

Kalksteinlager kommen in allen Formationen und zum Theil in grofser Mächtigkeit vor. Man kennt diese Mächtigkeit von vielen, namentlich von denen in der Steinkohlen-Formation bis zu den jüngsten (Kreide) und staunt über solche Massen. Auf der andern Seite kommen aber auch Thonschieferlager, obwohl nicht in solcher Mächtigkeit wie die Kalklager in jüngern Formationen vor. Das Staunen wächst, wenn wir betrachten, dafs die Mächtigkeit des Thonschiefers im Uebergangsgebirge und des Urthonschiefers ungemessene Gröfsen sind, wenngleich die des ersteren an manchen Stellen geschätzt werden kann. Im rheinischen Schiefergebirge von *Nieder-Breisig* bis *Irlich*, in einer Breite von ungefähr 2 Meilen, fallen alle Schichten des Gebirges sehr steil südöstlich, von *Irlich* bis *Coblenz* ist in gleicher Breite das Fallen entgegengesetzt, steil nordwestlich. Aus der bedeutenden Breite dieser Mulde von ungefähr 4 Meilen und der überall sehr steilen Neigung der Schichten schliefst von Oeynhausen [1]) ganz richtig blos für die Schichten

[1]) Erläuterungen zu der geognostisch-orographischen Karte der Umgebungen des *Laacher See's*. S. 7.

dieser Mulde auf eine Mächtigkeit von mehr als 30,000 Fufs, so dafs jedenfalls dem Uebergangs-Gebirge eine ungemein grofse Mächtigkeit zugestanden werden mufs.

Die in diesem Gebirge vorkommenden Kalksteinlager sind im Verhältnifs zu den Thonschiefer- und Grauwacken-Massen unbedeutende Gröfsen. In den jüngern sedimentären Formationen, in welchen Thonschieferschichten auftreten, kehrt sich aber dieses Verhältnifs um, wie denn überhaupt die Kalksteine vom Uebergangsgebirge an bis zu den tertiären Formationen im Allgemeinen stets zunehmen. Das in den damaligen Flüssen dem Meere zugeführte Kalkbicarbonat lieferte dazu das Material, und dieses stammte theils von früheren Kalklagern, welche durch die Gewässer fortgeführt wurden, theils von fortschreitenden Carbonat-Bildungen durch Zersetzung von Kalksilicaten ab.

Durch genaue von der Königl. Preufs. Bergbehörde unternommene Messungen der zu Tage ausgehenden Kohlen- und Gesteinslager der Steinkohlenformation bei *Saarbrücken* hat sich eine Gesammt-Mächtigkeit von 20,000 Fufs vom liegendsten bis zum obersten hangenden Kohlenlager ergeben. Da indefs diese Messungen nur bis dahin reichen konnten, wo der bunte Sandstein die Steinkohlenformation überlagert: so ist das liegendste unter den Kohlenflötzen ein solches nur für die Beobachtung. Es ist kein Grund vorhanden zur Annahme, dafs da, wo der bunte Sandstein auftritt, die Steinkohlenformation ihr Ende erreicht: jene 20,000 Fufs sind daher nur ein Minimum.

Die Schieferthonlager sind die mächtigsten unter den Gesteinslagern der Steinkohlenformation; die Silicatgesteine sind mithin auch in dieser Formation die prädominirenden.

Die vorstehenden Betrachtungen liefern das Resultat, dafs die Kieselsäure der vorherrschende Bestandtheil in den mächtigsten Formationen ist, und dafs alle Basen zusammengenommen nur Bruchtheile dieser Säure sind.

Die Hauptmasse der erstarrten Erdkruste konnte demnach nur aus Silicaten bestehen. Dafs aber der Erdkern ebenso zusammengesetzt sei, können wir nicht behaupten, denn die bedeutende mittlere Dichtigkeit unserer

Erde = 5,44 bis 5,67 übertrifft bei weitem die aller Silicate in den Uebergangsgesteinen. Im Erdkerne müssen daher Stoffe und Verbindungen vorhanden sein, deren Dichtigkeit gröfser als die der Silicate ist.

Das numerische Verhältnifs zwischen der Kieselsäure und den Basen in der Erdkruste ist nicht zu ermitteln.

Sollte in dieser die Kieselsäure zweimal soviel betragen, als die Basen: so würde dieses Verhältnifs nahe dem in den an Kieselsäure reichsten Mineralien, in den Feldspathen, namentlich in dem am meisten verbreiteten Orthoklas, entsprechen. Man könnte sich dann denken, dafs die Hauptmasse der erstarrten Erdkruste aus feldspathartigen Silicaten bestanden habe. Sollte aber, wie man anzunehmen geneigt sein möchte, die Kieselsäure mehr als das zweifache der Basen betragen, so würde die Hauptmasse der erstarrten Erdkruste aus sauren Silicaten bestanden haben.

In der vorausgesetzten erstarrten Erdkruste kann die Existenz des Kochsalzes gedacht werden. Schmelzt man ein aus mehreren Silicaten bestehendes Gestein mit Kochsalz zusammen: so kann man einen Theil des letzteren durch Wasser auslaugen. Ich wählte dazu 100 Th. wasserfreien Basalt, der mit 10 Th. abgeknistertem Kochsalz geschmolzen wurde. Es ergab sich ein Gewichtsverlust von 4,45 Th., der von verflüchtigtem Chloreisen, durch gegenseitige Zersetzung des Eisenoxydulsilicat im Basalt und des Kochsalzes entstanden zu sein scheint.

Wasser extrahirte aus der geschmolzenen und gepulverten Masse 2,75 Th. Kochsalz. Der Rest desselben würde erst nach Zersetzung des Basalt löslich werden. Das Chloreisen würde als Dampf die damalige Erdoberfläche umgeben und sich erst nach ihrer Erkaltung auf ihr condensirt haben.

In dem im feuerflüssigen Zustande gedachten Erdkörper zur Zeit der Schöpfungsperiode existirten weder gediegener Kohlenstoff noch gediegener Schwefel; denn ein organisches Reich mufste vorhergehen, ehe diese Stoffe zur Isolirung kommen konnten. Wie hätte auch der Kohlenstoff, das kräftigste Reductionsmittel der Me-

talloxyde, neben diesen in einer feuerflüssigen Masse bestehen können; ebensowenig der Schwefel, welcher viele Metalloxyde, selbst die Alkalien und die alkalischen Erden reducirt und sich mit den reducirten Metallen verbindet.

Man kann nicht einmal die Existenz von Schwefelmetallen in einer aus Silicaten bestehenden geschmolzenen Masse annehmen; denn das Rohschmelzen der Kupfererze zeigt, dafs sich jene aus diesen absondern und den sogenannten Kupferstein, eine aus Schwefelkupfer und anderen Schwefelmetallen bestehende krystallinische Verbindung, bilden. So würden auch die Schwefelmetalle aus der feuerflüssigen Masse des Erdkörpers bis zu grossen Tiefen niedergesunken sein. Doch die Plutonisten, welche noch jetzt die eruptive Bildung der Erze in den Gängen festhalten, würden in diesem Verhalten eine Stütze ihrer Hypothese finden. Die Bergleute würden auch sehr zufrieden sein, wenn diese Hypothese eine Wahrheit wäre; denn sie würden dann nur derbe Erze ohne Beimengung von Gangarten (Quarz, Kalkspath u. s. w.) zu fördern haben. Leider ist dies aber nicht der Fall; denn sie sind zufrieden, wenn, um bei den Kupfererzen stehen zu bleiben, der Kupfergehalt in den geförderten Erzen nicht unter 5% sinkt.

Der Schwefel kann daher in einem, im feuerflüssigen Zustand gedachten Erdkörper nur in Sulphaten (Gyps u. s. w.) vorhanden gewesen sein.

Die im kalten Weltenraume rotirende feuerflüssige Erde kam zum Erstarren, zuerst auf der Oberfläche, dann allmälig, nach dem Innern fortschreitend. Dazu waren Zeiträume erforderlich, gegen welche historische verschwinden. Nach meiner auf die Erkaltungszeiten geschmolzener Basaltkugeln von 2 Fuss Durchmesser gegründeten Berechnung würde von Hipparchs Zeiten an ein Zeitraum von 82,836 Jahren verfliessen, bis die mittlere Temperatur am Aequator um 1° abnähme, und die Erkaltung bis zur Temperatur des Weltenraumes würde von diesen Zeiten an in 49,105,914 Jahren erfolgen[1]).

Die als ein allgemeines Phänomen constatirte Tem-

[1]) Meine „Wärmelehre des Innern unseres Erdkörpers". S. 479.

peratur-Zunahme nach dem Innern unserer Erde zeigt entschieden, dafs in ihr noch der Rest ihrer ursprünglichen eigenthümlichen Temperatur vorhanden ist. Ob diese Temperatur in unergründlichen Tiefen noch bis zur Glühhitze steigt, ist eine Frage, welche nicht unerörtert bleiben darf. Das Aufsteigen und Ueberfliefsen von Lavaströmen in noch thätigen Vulkanen weist die Existenz von geschmolzenen Massen im Innern der Erde nach. So lange man nicht Processe ermitteln kann, wodurch dort starre Massen geschmolzen werden können[1]), bleibt nur die Annahme übrig, dafs dort die Lava präexistire und der Rest der ursprünglich feuerflüssigen Masse unserer Erde in ihrer Schöpfungs-Periode sei.

Schlacken-Massen metallurgischer Processe, welche langsam erstarren, enthalten nicht selten krystallisirte Verbindungen. Daher ist zu vermuthen, dafs auch in der so überaus langsam erstarrten Erdkruste krystallisirte Körper enthalten sein werden. Nicht zu übersehen ist indefs, dafs man in Lavaströmen unmittelbar nach ihrer Erstarrung nur mikroskopisch kleine krystallisirte Verbindungen findet.

Wir sind hier zu einem Wendepunkte gekommen. Die Plutonisten haben das Aufsteigen von Lava soweit extendirt, dafs sie sämmtlichen krystallinischen Gebirgs-Formationen, sowie den krystallinischen Massen in den Gangspalten einen eruptiven Ursprung zuschreiben, und dafs sie die Krystallisation für ein Werk der langsamen Erstarrung dieser plastischen Massen ausgeben. Die Möglichkeit solcher eruptiver Bildungen habe ich, jedoch mit wesentlichen Einschränkungen, in der ersten Auflage nicht bestritten und bestreite sie auch jetzt nicht. Dafs aber die Krystallisation auf diesem Wege von Statten gegangen sei, ist eine Unmöglichkeit. Dies ist die weite Kluft zwischen den plutonischen Hypothesen und meinen auf Thatsachen gegründeten Ansichten.

Die erstarrte Erdkruste erkaltete fortwährend, das bis dahin nur als Dampf in der Atmosphäre vorhanden gewesene Wasser kam auf die Erde und nun begannen

---

[1]) Mir ist es nicht gelungen, a. a. O. S. 267.

die chemischen Processe auf nassem Wege. Die löslichen Salze wurden aus der erkalteten Erdkruste ausgelaugt, und so auch der Gyps welcher das Hauptmaterial zur Ausscheidung gediegenen Schwefels geliefert haben mag. Damit ist in Uebereinstimmung die Gegenwart der schwefelsauren Kalkerde, des Chlornatrium u. s. w. im Meere, welches nach der Condensation des Wasserdampfes die niedrigsten Stellen der damaligen Erdkruste erfüllte.

Beachten wir indefs Vorgänge, welche nach dem Erscheinen der organischen Natur stattgefunden haben, die Erhebung sedimentärer, organische Ueberreste haltender, Formationen über den Meeresspiegel: so steht der Vorstellung Nichts entgegen, dafs dieselben Kräfte, welche dies bewirkt haben, auch vor der Erschaffung organischer Wesen wirksam waren. Wir sind daher nicht genöthigt, ursprüngliche Unebenheiten auf der erstarrten Erdkruste anzunehmen, und um so weniger, da genügende Ursachen ihrer Bildung nicht nachzuweisen sein dürften. Eine ebene Erdoberfläche würde aber in ihrer ganzen Ausdehnung mit dem condensirten Wasserdampf bedeckt und dadurch der Auslauge-Procefs sehr begünstigt worden sein.

Durch locale Verdunstung des in Meerbusen eingeschlossenen Meerwassers schieden sich die schwerlöslichen und leicht krystallisirbaren Salze aus dem Meerwasser ab: Gyps- und Steinsalzlager entstanden. Durch Hebung des Meeresbodens kamen diese Lager über den Meeresspiegel. Mit den condensirten Wasserdämpfen kam auch die ursprünglich nur in der Atmosphäre vorhanden gewesene Kohlensäure nach und nach auf die Erde. Die von ihr abhängigen Zersetzungsprocesse der Silicate begannen: Carbonate wurden gebildet und Quarz ausgeschieden.

Erst nachdem sich die Kohlensäure in der Atmosphäre soweit vermindert hatte, dafs eine organische Schöpfung möglich wurde, nahm das Pflanzenreich seinen Anfang.

Die Zersetzung der Kohlensäure durch das Blattgrün, unter Mitwirkung des Lichtes begann, der Kohlenstoff kam auf die Erde und damit war das Reductionsmittel der schwefelsauren Salze gegeben.

Durch die Erhebung des Landes über das Meer trat der Lauf der Gewässer auf und unter der Erdoberfläche ein, die im Wasser und in kohlensäurehaltigem Wasser löslichen Zersetzungsproducte der Silicate wurden, wie jetzt noch, theils dem Meere zugeführt theils von Pflanzen aufgenommen.

Durch die Schöpfung des Pflanzenreichs waren die Subsistenzmittel eines Thierreichs gegeben. Wie in jenem so traten auch in diesem die unvollkommenen Organismen zuerst in's Leben. In den Gewässern und vorzugsweise im Meere erschienen die Panzerthiere, welche die aufgelöste kohlensaure Kalkerde und die Kieselsäure absonderten und noch absondern. Die Thiere starben und ihre Schaalen und Panzer blieben zurück und lieferten das Material zu mächtigen sedimentären Formationen.

Die Natur vermag unorganische Substanzen zu erzeugen, welche frei von organischen sind; nicht aber diese ohne Mitwirkung von jenen. Die Pflanzen nehmen unorganische Substanzen aus dem Boden, auf welchem sie wachsen, auf und diese Substanzen gehen in das Thierreich mit Auswahl über. Die organische Natur beherrscht, wenn sie producirt, das Unorganische; sie kann aber nicht produciren, wenn unorganische Substanzen fehlen. An der Zersetzung organischer Substanzen nehmen dagegen unorganische Theil, die Zersetzung ist dann eine gegenseitige. Diese Zersetzung kann so weit fortschreiten, dafs die zersetzende oder zersetzte organische Substanz ganz verschwindet. Manche Pflanzen und Pflanzentheile verbrennt der Landwirth, um dem Boden die ihm durch sie entzogenen unorganischen Substanzen zurückzugeben. Das Eisenoxyd wird im Mineralreiche durch organische Substanzen in kohlensaures Eisenoxydul, unter günstigen Umständen selbst in metallisches Eisen umgewandelt.

Der Kreislauf der Planeten um die Sonne und, wie es scheint, der Planetensysteme um eine Centralsonne ist das Sinnbild für alle Vorgänge auf Erden; denn ist auch in intellectuellen und in materiellen Dingen, so weit sie vom Menschengeschlechte beherrscht werden, ein beständiges Fortschreiten sichtbar, in der Natur zeigt sich nur ein ununterbrochener Kreislauf.

Dieser Kreislauf macht sich aber nicht blos in den einzelnen Naturreichen geltend; er ist allgemein.

Vor unsern Augen haben wir die Metamorphosen im organischen Reiche. Die Pflanzen und Pflanzentheile, deren Wachsthum noch nicht ein volles Jahr erfordert, können, wenn sie als Nahrungsmittel für Menschen und Thiere dienen, oder durch Fäulnifs zerstört werden, schon im nächsten Jahre dieselbe Metamorphose durchlaufen. Im Schlamme des Meeres und der Seen vergrabenen vegetabilischen und animalischen Substanzen fehlen dagegen die Bedingungen zur Fäulnifs, atmosphärische Luft und Wärme; denn die Temperatur nimmt in den Seen und im Meere mit der Tiefe bis zu solchen Graden ab, dafs selbst die Gegenwart von atmosphärischer Luft unwirksam bleiben würde. Organische Substanzen solchen Umständen ausgesetzt werden erst in Zeiträumen, wofür wir kein Maafs haben, und selbst dann nicht vollständig zersetzt. Die unter einer grofsen Zahl mächtiger sedimentärer Formationen vergrabene Steinkohle hat ihre Zersetzung noch nicht vollendet. Das aus ihr sich entwickelnde Kohlenwasserstoffgas zeigt, dafs sie noch im Gange ist. Erst nach Ausscheidung aller flüchtigen Bestandtheile erreicht sie ihr Ende. Die in gewöhnlicher Temperatur unzerstörbarste Substanz, der Kohlenstoff, bleibt zurück. Keine Substanz und selbst nicht der Quarz theilt mit ihm eine solche Unzerstörbarkeit. Nur dann kehrt er in das Pflanzenreich zurück, wenn er durch Verbrennen zu Kohlensäure wird. Der Mensch, selten die Natur, bringt ihn wieder in den Kreislauf.

Die Tendenz der Natur aus vergänglichen organischen Substanzen Unvergängliches zu produciren, äufsert sich selbst dann noch, wenn diese Substanzen unter dem Einflusse der Atmosphärilien zersetzt werden. Auch dann noch bleiben kohlenstoffhaltige Rückstände.

Der dem Thierreiche durch die vegetabilischen Nahrungsmittel zugeführte Kohlenstoff gelangt durch den Respirationsprocess als Kohlensäure in die Atmosphäre. Die Pflanzen zersetzen sie durch die Wirkung des Lichtes; der von der Atmosphäre herrührende Sauerstoff kehrt in sie zurück; der dem Pflanzenreiche entnommene Kohlen-

stoff wird wieder Eigenthum desselben. Dieselbe Kohlensäure, welche wir ausathmen, kann auch im nächsten Augenblicke die Silicate des Mineralreiches zersetzen und so ein Eigenthum desselben werden. Die unorganischen Substanzen, welche die Pflanze aus dem Mineralreiche aufgenommen hat, kehren nach ihrer Zersetzung durch die Atmosphärilien wieder in dieses Reich zurück.

Der Geolog kann sich nicht auf die Bildungen des Mineralreiches beschränken. Die Pflanzenreste in den Stein- und Braunkohlen wechsellagern mit unorganischen sedimentären Formationen. Manche der letzteren sind durch und durch erfüllt von organischen Ueberresten. Organisches und Unorganisches in solchen Formationen wirken auf einander: neue unorganische und organische Bildungen sind das Product dieser Wechselwirkung.

Im unorganischen Reiche wird gegebenes, vom Wasser durchdringbares Gestein auf die mannichfaltigste Weise verändert und zersetzt. Im Pflanzenreiche bildet sich aus dem gegebenen Samenkorn der Keim; auf Kosten der atmosphärischen Luft, des Wassers und der Bestandtheile des Bodens wächst er, die Pflanze trägt Früchte, welche Samenkörner von gleicher Art und in oft sehr grofser Zahl einschliefsen. Diese Bildungen sind den Substanzen, welche die Pflanze aufgenommen hat, ganz unähnlich: die Natur hat aus diesen Substanzen ein ganz neues Product geschaffen. Im Thierreiche werden die aufgenommenen Nahrungsmittel assimilirt, das Unassimilirbare wird ausgeschieden, und kehrt in das Pflanzenreich wieder zurück.

Die unorganische Natur wirkt theils synthetisch, theils analytisch. Aus gemengten sedimentären Massen bildet sie selbstständige Mineral-Individuen; das Formlose nimmt bestimmte Gestalten an. In diesem Falle wirkt sie synthetisch; analytisch wirkt sie, wenn sie diese Individuen selbst wieder zerstört.

Die plutonische Schule erklärte diese entgegengesetzten Processe, indem sie den Uebergang amorpher Massen in krystallinische durch Hitze von Statten gehen liefs, und sie setzte der neptunischen Schule nichts entgegen, wenn diese die Zerstörung der gebildeten Krystalle der Wirkung der Atmosphärilien zuschrieb. Welchen Ur-

sprung hat aber die Hitze? — Das Phänomen, welches auf hohe Temperaturen im Innern der Erde schliefsen läfst, die mit der Tiefe zunehmende Wärme zeigt gerade, weil sie so langsam zunimmt, dafs die hohen Temperaturen in solchen Tiefen zu suchen sind, dafs sie auf die Erdoberfläche unmöglich mehr wirken können. Eben so wenig kann die Annahme der plutonischen Schule, dafs in Spalten aufgestiegene feuerflüssige Massen auf das Nebengestein bis zu solchen bedeutenden Entfernungen noch einen Einfluss äufsern können, um mächtige sedimentäre Formationen zu metamorphosiren, befriedigen.

Meteorwasser, Sauerstoff und Kohlensäure enthaltend, dringen durch ein mächtiges sedimentäres Gestein, welches Eisenoxydul- und andere Silicate einschliefst. Das Eisenoxydul wird durch den Sauerstoff oxydirt, alkalische und Kalksilicate werden durch die Kohlensäure zersetzt. Haben die Gewässer eine gewisse Tiefe erreicht: so ist ihr Sauerstoff und ihre Kohlensäure consumirt und jene Zersetzungen hören auf. Die Gewässer haben aber lösliche Substanzen aufgenommen, welche in tieferen Schichten des Gesteins Veränderungen veranlassen. Hier können in wässriger Lösung zugeführte Silicate mit vorhandenen sich zu zusammengesetzten Silicaten verbinden, welche, da solche Processe aufserordentlich langsam von Statten gehen, krystallisiren. Die alkalischen Silicate, welche bei Zersetzung der alkalischen Silicatgesteine von den Gewässern unzersetzt fortgeführt werden, liefern das Material zur Bildung neuer zusammengesetzter Silicate, namentlich der Zeolithe, welche wir in den der Zersetzung unterliegenden Gesteinen, namentlich in deren Drusenräumen finden. Enthalten einfache Silicate, welche sich mit einander verbinden, Kieselsäure in gröfserer Menge, als die aus denselben entstehenden Doppelsilicate: so kann die Verbindung nur mit theilweiser Ausscheidung von Quarz erfolgen. Die Coëxistenz von Orthoklas und Quarz in krystallinischen Gesteinen, welche nachweisbar durch eine Metamorphose aus sedimentären Gesteinen entstanden sind, findet in diesem Vorgange ihre Erklärung, abgesehen davon, dafs der Quarz auch schon präexistirt haben kann.

Während nun in den oberen Regionen des sedimentären Gesteins die stärksten Zersetzungsmittel, welche sich im Mineralreiche wirksam zeigen, der Sauerstoff und die Kohlensäure, ihre Macht ununterbrochen fort ausüben, bleiben die unteren Regionen des Gesteins davon völlig verschont. In diesen gehen Processe von ganz entgegengesetzter Art von Statten.

Die chemische Zersetzung der Gesteine ist in der Regel ein Vorläufer der mechanischen Fortführung durch die Gewässer; denn je mehr jene das Gestein aufgelockert und den Zusammenhang aufgehoben hat, desto leichter werden die zersetzten Theilchen vom Wasser fortgeführt. Neue Angriffspunkte des Gesteins werden dadurch blofsgelegt und die Zersetzung schreitet fort. Wo freilich, wie im Kalkgebirge, das Gestein chemisch nicht zersetzt werden kann, da wird der kohlensaure Kalk nur als solcher theils mechanisch, theils in wässriger Lösung mittelst freier Kohlensäure fortgeführt, theils durch andere, in den Gewässern aufgelöste Substanzen verdrängt.

Man sucht sich gern von der Bedeutung und dem Umfange eines Processes, von dem man weifs, dafs er in der Natur von Statten gehen mufs, Rechenschaft zu geben. Man fragt daher, ob die Menge der schwefelsauren Alkalien und der alkalischen Chlorüre, welche dem Meere zugeführt werden, einen wesentlichen Einflufs auf dessen Salzgehalt haben können.

Die alkalischen Carbonate in den Quellen können nur von zersetzten Mineralien herrühren, welche alkalische Silicate enthalten. Durch vollständige Zersetzung des Orthoklas, welcher unter den Feldspathen und mithin unter allen, alkalische Silicate haltenden Mineralien der am meisten verbreitete ist, werden 16 % Kali[1]) ausgeschieden, welche 23,5 % kohlensaures Kali oder 29,6 % schwefelsaures Kali geben. Durchschnittlich kann man annehmen, dafs der Orthoklas bei gänzlicher Zersetzung 43,5 % Kaolin oder Thon liefert. So sehr auch diese

[1]) Wir abstrahiren davon, dafs wohl kein einziger Orthoklas blos Kali enthält, sondern dafs neben diesem stets mehr oder weniger Natron darin vorkommt.

Zahlen schwanken, je nach dem ungleichen Gehalt der verschiedenen Feldspath-Arten an Alkalien und je nach den mehr oder weniger fortgeschrittenen Zersetzungsprocessen, welche nicht immer dieselben Richtungen nehmen und häufig von anderen Processen begleitet sind: so viel ersieht man aus diesen Zahlen, dafs die alkalischen Salze, welche aus der Zersetzung des Orthoklas hervorgehen, keine kleinen Bruchtheile von dem Kaolin oder Thon sind. Die Thonlager sind daher ein approximatives Maafs für die alkalischen Salze; denn beide sind gleichzeitige Zersetzungsproducte. Werfen wir unsern Blick nur auf die mächtigen Thonlager in den Flufsthälern: so ersehen wir, welche bedeutende Quantitäten alkalischer Salze selbst in den jüngsten geologischen Perioden dem Meere zugeführt worden sind, und noch täglich zugeführt werden. Je weiter wir die Thonlager in den älteren sedimentären Formationen verfolgen, desto schwieriger wird die Schätzung der ihnen entsprechenden Quantitäten alkalischer Salze; aber noch schwieriger wird die Vergleichung der letzteren mit dem im Meere aufgelösten alkalischen Salze, namentlich der verhältnifsmäfsig in so geringer Menge darin enthaltenen Kalisalze.

Die durch Zersetzung der Silicatgesteine sich ergebenden Thone enthalten mehr oder weniger Alkalien. Dieser Umstand ist in inniger Verknüpfung mit der Existenz eines organischen Reichs. Wäre die Zersetzung der alkalischen Silicate in den Felsgebilden eine vollständige: so würden alkalifreie Thone entstehen. Auf einem solchen Thonboden wäre aber eine Vegetation nicht möglich, da die Alkalien wesentliche Bestandtheile der Pflanzen sind. Bedenkt man, dafs die Ackererde in den, von Silicatgesteinen (Thonschiefer, krystallinischen Gesteinen) eingeschlossenen Thälern grofsentheils aus Thon besteht, bedenkt man, dafs der gröfste Theil des Menschengeschlechts und der zu ihrer Ernährung dienenden Hausthiere von den Pflanzen leben, welche auf Thonboden wachsen: so leuchtet die hohe Bedeutung des Gehaltes an Alkalien im Thonboden ein.

Kapitel I.

Gesetze, nach welchen im Mineralreiche Verbindungen und Zersetzungen auf nassem Wege von Statten gehen.

Diese Gesetze, welche während der Bearbeitung der ersten Auflage ermittelt wurden, finden sich darin an verschiedenen Stellen zerstreut; denn die an diesen Stellen besprochenen Erscheinungen und Veränderungen im Mineralreiche haben die Veranlassung zu ihrer Ermittlung gegeben. Im ersten Bande der englischen Ausgabe meines Werkes habe ich die Gesetze in einem eigenen Kapitel zusammengefafst und im zweiten die später aufgefundenen nachgetragen. Im vorliegenden Kapitel sind sie aneinandergereiht und abermals vermehrt worden.

Die Schwerlöslichkeit der bei weitem meisten Mineralsubstanzen im Wasser, die davon abhängigen schwachen Affinitätsverhältnisse, die langen Zeiträume, welche häufig erforderlich sind, damit die dadurch bewirkten Veränderungen merklich werden, diese Umstände sind es, welche der Ermittlung solcher Gesetze entgegentreten. Erleichtert werden die Versuche dadurch, dafs man namentlich beim Aufsuchen der Affinitätsverhältnisse der Silicate, diese künstlich darstellt und sie auf solche Weise in einer Modification erhält, in welcher sie weniger schwerlöslich und leichter zersetzbar durch Agentien sind, die im Mineralreiche vorkommen. Hiervon habe ich häufig Gebrauch gemacht.

Glücklicherweise wird das Studium der Affinitätsverhältnisse sehr erleichtert, wenn man das Auge auf die Veränderungen richtet, welche Mineralien und ganze Gebirgsmassen während langer Zeiträume erleiden. Findet man Wollastonite, welche mit Säuren brausen: so ist es evident, dafs die Kalksilicate durch Kohlensäure zersetzt werden. Brausen auch kalkhaltige Zeolithe und Feldspathe mit Säuren: so steht die Thatsache fest, dafs die Gegenwart anderer Silicate die Zersetzung der Kalksilicate nicht

hindert. Braust Basalt unverändert nicht mit Säuren, wohl aber im veränderten Zustande: so kann Kalkcarbonat kein ursprünglicher Gemengtheil des Basalt sein. Braust dieser Basalt im ganz zersetzten Zustande nicht mehr, fehlt auch in ihm der Kalk: so ist es ein richtiger Schlufs, dafs alles Kalksilicat zersetzt und als Kalkcarbonat durch die Gewässer fortgeführt worden ist. Haben Basaltsäulen im Innern ihre ursprüngliche Farbe, geht sie aber nach aufsen in das bräunlichrothe über: so ist es unzweifelhaft, dafs die Eisenoxydulsilicate des Gesteins mehr oder weniger durch den atmosphärischen Sauerstoff in Eisenoxydsilicat oder auch mit Ausscheidung von Kieselsäure in Eisenoxydhydrat umgewandelt worden sind.

In allen diesen beispielsweise angeführten Fällen reichen einfache Beobachtungen und Versuche hin zur Ermittelung wichtiger Gesetze und zur Erklärung von Veränderungen, welche im Mineralreiche von Statten gehen.

Ein ausgezeichnetes Mittel, die chemischen Processe in diesem Reiche kennen zu lernen, wodurch ein Mineral in ein anderes umgewandelt werden kann, bieten die Pseudomorphosen dar. Die Krystallform der Pseudomorphose zeigt das ursprüngliche Mineral, die Eigenschaften derselben weisen das Umwandlungsproduct nach. Wenn auch nicht in allen, so doch in vielen Fällen kann man approximativ ermitteln, welche Stoffe bei der Umwandlung fort- und welche zugeführt wurden.

Was aus dem Mineralreiche durch die darin von Statten gehenden chemischen Processe fortgeführt wird, finden wir wieder in den Quellen.

Die Analyse eines jeden Quellwassers zeigt, dafs die durch Gebirgsgesteine dringenden Meteorwasser mineralische Bestandtheile aufnehmen. Unter diesen finden sich solche, welche auch durch Auslaugen der Gesteine mit Wasser erhalten werden, und die daher in denselben präexistirten. Wir finden aber auch andere, welche nicht als solche in den Gesteinen vorhanden waren. Dahin gehören die alkalischen Carbonate, welche in den Gesteinen nie vorkommen, ferner die Kalk-, Magnesia-, Eisenoxydul- und Manganoxydul-Carbonate, wenn die Quellwasser aus Gesteinen kommen, welche nur aus Silicaten bestehen.

Alle diese Carbonate finden sich in besonders reichlicher Menge in den an Kohlensäure reichen Mineralquellen. Es ist daher keine Frage, dafs ein reicher Gehalt an Kohlensäure in den Gewässern einen reichen Gehalt an Carbonaten bedingt, und dafs die süfsen Quellen nur defshalb weniger Carbonate enthalten, weil sie nur die geringe Menge Kohlensäure mit sich führen, welche sie theils aus der atmosphärischen Luft, theils aus der Dammerde aufnehmen.

Die Hauptbestandtheile aller Gebirgsgesteine, mit Ausnahme der Kalk-, Dolomit- und Gyps-Gesteine, sind Silicate von Thonerde, Eisenoxydul, Manganoxydul, Kalkerde und Magnesia. Wir wissen, dafs selbst schwache Säuren diese Silicate zu zersetzen vermögen, wenn in ihnen die Kieselsäure in ihrer löslichen Modification vorhanden ist. Aber selbst die Silicate, welche die Kieselsäure in ihrer unlöslichen Modification enthalten, können einer lange anhaltenden Einwirkung von Säuren nicht widerstehen.

Wir kennen keine andere Säure, welche, seltene Fälle ausgenommen, die durch die Gesteine dringenden Gewässer mit sich führen, als die Kohlensäure. Dieser Säure müssen wir daher die allmälige Zersetzung der Gesteine zuschreiben, und die durch sie bewirkten Zersetzungsproducte finden wir in den Carbonaten der Quellwasser.

Die kohlensauren Alkalien zersetzen eine grofse Zahl von Salzen. Wie sie sich aber gegen die Silicate in den Gesteinen verhalten, ist bis jetzt nicht untersucht worden. Zersetzen sie Silicate: so wird es begreiflich, dafs Gewässer, indem sie mittelst ihrer freien Kohlensäure die alkalischen Silicate in Carbonate umwandeln, fähig werden, während ihres tieferen Eindringens in die Gesteine erdige Silicate zu zersetzen.

Wie sich die nur im aufgelösten Zustande existirenden Bicarbonate von Kalk und Magnesia gegen Salze, und namentlich gegen Silicate verhalten, war bis jetzt auch noch nicht ermittelt worden.

Die vorstehenden Betrachtungen zeigen, welche Untersuchungen eine Basis für die im Mineralreiche von Statten gehenden Umwandlungs- und Zersetzungsprocesse gewähren.

Zu den wichtigsten chemischen Processen im Mineralreiche gehören die Oxydationsprocesse, die Reductionsprocesse und die Carbonatbildungs-Processe, mit denen wir hier im Allgemeinen beginnen.

1. Oxydations-Processe. Sie finden nicht blos auf und nahe unter der Erdoberfläche, sondern auch bis zu solchen Tiefen Statt, bis zu welchen die Gewässer mit ihrem absorbirten Sauerstoff dringen. Der Oxydation unterliegen mehr oder weniger die Schwefelmetalle, der höheren Oxydation die Carbonate des Eisen- und Manganoxydul.

Der bei dem Zerkleinern eigenthümlich riechende Flufsspath von *Wölsendorf* in der *Oberpfalz*, in welchem ein Gehalt an unterchloriger Säure angenommen worden war, enthält nach Schrötter [1]) nicht diese, sondern Ozon, dessen Menge bis auf 0,02 % steigt. Als dieser Chemiker über Stücke dieses Flufsspaths 6 Stunden eine stark ozonisirte Luft leitete, hatte sich der Ozongehalt um das 10fache vermehrt. Auch Bimssteinstücke dieser Luft längere Zeit ausgesetzt, reagiren auf Jodkaliumstärke. Ein in *Joachimsthal* vorkommender erdiger Flufsspath zeigte nach Schrötter einen noch stärkeren Geruch nach Ozon, als der obengenannte.

Es spricht somit alles für die Annahme, dafs das Ozon fertig gebildet in dem Mineral vorhanden und davon absorbirt sei, und dafs der Geruch, den man an anderen Mineralien so häufig wahrnimmt, und den man wahrscheinlich mit Unrecht als bituminös bezeichnet, von einem Ozongehalt herrührt.

Schönbein zeigte dagegen, dafs in dem Flufsspath von *Wölsendorf* nicht Ozon sondern Antozon enthalten ist[2]). Als er diesen Flufsspath mit Wasser zusammenrieb, erhielt er Wasserstoffhyperoxyd ebenso gut, wie beim Eintragen von Baryumhyperoxyd in mit Schwefelsäure angesäuertes Wasser.

Nur das Antozon theilt sich nach den Erfahrungen von Schönbein dem Wasser unter Umwandlung dieses in Hyperoxyd mit, aber nicht das Ozon.

---

[1]) Poggend. Annal. CXI. 561.

[2]) Phil. Mag. [4] XXI, 88. Schönbein's Rede am 10. April 1861 gehalten.

Ein solches Vorkommen des chemisch polarisirten Sauerstoffes im Mineralreiche kann bedeutungsvoll für die Geologie werden. Bei langsam von Statten gehenden Oxydationsprocessen, namentlich organischer Substanzen, bildet sich Ozon. Die Umwandlungen des Eisenspath in Brauneisenstein, der Eisenoxydulsilicate in Eisenoxydsilicate sind Oxydationen im Mineralreiche, welche im grofsartigen Maafsstabe aber aufserordentlich langsam fortschreiten. In der Tiefe der Gänge, im Innern der Gesteine, ist es der von den eindringenden Gewässern absorbirte atmosphärische Sauerstoff, welcher diese Oxydationen bewirkt. Sollte nicht unter diesen Umständen ebenso, wie beim unmittelbaren Zutritte der atmosphärischen Luft auf der Erdoberfläche eine chemische Polarisation des Sauerstoffes eintreten und dieser in eine Modification übergehen, in welcher er in viel höherem Grade oxydirend wirkt, als in seiner gewöhnlichen Modification?

Keinem Chemiker hätte es in den Sinn kommen können, die Gegenwart des Wasserstoffhyperoxyds im Mineralreiche vorauszusetzen, wenn nicht Schönbein die Bildung desselben beim Zerreiben des oben genannten Flufsspaths mit Wasser nachgewiesen hätte. Man geht also gewifs nicht zu weit, wenn man auch diesem kräftigen Oxydationsmittel [1]), einen Antheil an den Oxydationsproducten im Mineralreiche zuzuschreiben Veranlassung nimmt.

Nach Schönbein wird der Schwefel durch Ozon schon in gewöhnlicher Temperatur oxydirt und Schwefelsäure gebildet. Es war daher zu vermuthen, dafs Schwefelmetalle dieselbe Oxydation erleiden werden. Vorläufige Versuche ergaben mir, dafs das Ozon schon in kurzen Zeiten so oxydirend auf dieselben wirke, dafs die Oxydationsproducte quantitativ bestimmt werden können. Die zu den Versuchen angewandten Schwefelmetalle wurden ausgewaschen, bis Chlorbaryum nicht mehr reagirte.

Ein so gereinigter Eisenkies im gepülverten Zustande wurde 24 Stunden lang einer ozonirten Luft ausgesetzt und mit heifsem Wasser ausgelaugt. Die durch Chlorba-

---

[1]) Nach Lenssen kann es unter gewissen Umständen auch reducirend wirken.

ryum gefällte Schwefelsäure betrug 0,13 % in welcher 0,05 Schwefel enthalten ist. Vorausgesetzt, dafs die Oxydation des Schwefels in diesem Verhältnifs fortschreitet, würde die ganze Menge desselben im Eisenkies in 1068 Tagen zu Schwefelsäure oxydirt werden.

Sorgfältig ausgewaschener gepülverter Kupferkies, gleichfalls 24 Stunden lang der ozonirten Luft ausgesetzt, enthielt 0,16 % Schwefelsäure, mithin 0,064 Schwefel. Unter derselben Voraussetzung wie beim Eisenkies würde die ganze Menge des Schwefels im Kupferkies in 547 Tagen zu Schwefelsäure oxydirt werden.

Vergleicht man die gefundenen Zeiträume mit den grossen geologischen Perioden, so erscheinen sie als ganz unbedeutende. Schwerlich werden aber solche Oxydationsprocesse im Mineralreiche in einer so stark ozonirten Luft von Statten gegangen sein und noch von Statten gehen, als die angeführten Oxydationsprocesse in künstlich ozonirter Luft; denn das Maximum des Ozon in der atmosphärischen Luft beträgt nur $\frac{1}{1800}$. Die Zeiträume werden daher viel gröfser sein, als sie in vorstehenden Versuchen gefunden wurden.

Es ist bekannt, dafs der rosenrothe Manganspath schon in den Mineraliensammlungen allmälig sich bräunt. Als ein solcher Manganspath nur 24 Stunden lang der ozonirten Luft ausgesetzt wurde, hatte er sich schon bedeutend gebräunt. Nach mehreren Wochen war er ganz braun geworden. Das Manganoxydul hatte sich daher höher oxydirt, und Kohlensäure mufste sich ausgeschieden haben.

Dafs ein solcher Procefs im Mineralreiche von Statten geht, zeigen die Pseudomorphosen von Pyrolusit in Formen von Manganspath. Fischer [1]) fand, dafs eine auch sehr verdünnte Lösung (12000fache Verdünnung) eines Manganoxydulsalzes, wofern sie kein Eisen enthält, im Kreise einer auch schwachen Volta'schen Säule an der positiven Elektrode Hyperoxyd absetzt. Dies zeigt schon die kräftig oxydirende Wirkung des Ozon.

Die Schwefelmetalle unterliegen mehr oder weniger der Oxydation im Mineralreiche. Sehr rasch geht sie beim

---

[1]) Kastners Archiv B. 16, S. 219.

Strahlkies, bekanntlich schon in den Mineraliensammlungen, von Statten, viel langsamer dagegen beim tesseralen Eisenkies. Ich habe verschiedene Eisenkiese mit Wasser ausgelaugt und stets durch Chlorbaryum deutliche Trübungen wahrgenommen, wodurch eine schon eingetretene Oxydation des Schwefels nachgewiesen ist. Dieselben Verhältnisse zeigen sich bei der Oxydation des Schwefels. Entzündet man ihn, so bildet sich Schweflichsäuregas. Werden dagegen Schwefelblumen mehrere Wochen der Luft ausgesetzt, so bildet sich allmälig etwas Schwefelsäure. Dasselbe geschieht, wenn Schwefelwasserstoffgas in gewöhnlicher oder wenig erhöhter Temperatur mit der Luft in Berührung kommt. Es ist möglich, dafs dieser Oxydation die Bildung von Schweflichsäuregas vorhergeht, dafs nämlich das letztere in statu nascenti bei Gegenwart von Feuchtigkeit sich höher oxydirt. Dieses ist jedoch nicht zu ermitteln. Soviel ist aber gewifs, dafs das Schweflichsäuregas nur bei höherer Temperatur, mögen Schwefel oder Schwefelmetalle sich oxydiren, auftritt. Höhere Temperaturen finden aber im Mineralreiche und nahe an der Oberfläche nicht Statt. Die Oxydation der Schwefelmetalle kann daher nur in gewöhnlicher Temperatur und bei Gegenwart von Feuchtigkeit gedacht werden.

Die Pseudomorphosen des Eisenvitriols in Formen von Eisenkies zeigen, dafs wirklich eine solche Oxydation im Mineralreiche stattfindet. Der Natur der Sache nach können sie aber nur selten gefunden werden, da der leicht lösliche Eisenvitriol durch die Gewässer fortgeführt wird.

Im grofsartigen Maafsstabe geht aber die Umwandlung des Eisenkies in Brauneisenstein von Statten. Es kann nicht anders gedacht werden, als dafs dieser Umwandlung, die des Eisenkies in Eisenvitriol vorhergeht, dafs demnach die Schwefelsäure durch irgend einen Procefs, vielleicht durch kalkhaltige Wasser fortgeführt, das Eisenoxydul höher oxydirt und Wasser aufgenommen wurde. In mehreren aus Eisenkies entstandenen Brauneisensteinen fand ich noch Reste von Schwefelsäure.

2. Reductions-Processe. Eisenoxydverbindungen werden durch organische Ueberreste zu Eisenoxydulverbindungen reducirt. Die im Mineralreiche vorkommenden

gediegenen Metalle (Silber, Kupfer, Eisen u. s. w.) scheinen sogar das Product von Reductionsprocessen zu sein. Durch organische Ueberreste werden auch die Sulphate der Alkalien und alkalischen Erden reducirt. Der gediegene Schwefel und der Eisenkies erscheinen als solche Reductionsproducte.

Die Reduction der Kohlensäure durch die Pflanzen im Tageslichte ist ein grofsartiger Procefs, der zwar aufserhalb des Mineralreiches von Statten geht, aber von grofser Bedeutung für dasselbe ist; denn er ist es, welcher die durch die Respiration der Thiere und durch andere Processe gebildete Kohlensäure zersetzt und den verbrauchten Sauerstoff wieder in die Atmosphäre zurückführt, und somit die fortschreitenden Oxydationen im Mineralreiche möglich macht.

3. Carbonatbildungs-Processe. Die im Mineralreiche, in Quellen und in allen Gewässern vorkommenden Carbonate können durch Zersetzung der ihnen entsprechenden Silicate durch Kohlensäure entstanden sein, und unzweifelhaft sind die meisten so entstanden.

Die vorstehenden Bemerkungen zeigen, welche chemischen Thatsachen die Basis einer Kenntnifs der verschiedenen Processe bilden, die als Veränderungen oder Zersetzungen, in den Mineralmassen, die die Oberfläche unseres Weltkörpers bilden, vor sich gehen. Von Untersuchungen dieser Art sind die folgenden empyrischen Gesetze abzuleiten:

1. Die Silicate der Alkalien, alkalischen Erden, des Eisen- und Manganoxydul werden durch die Kohlensäure bei gewöhnlicher Temperatur zersetzt.

a. Leitet man einen Strom von Kohlensäure durch eine Lösung von kieselsaurem Kali oder Natron, so wird die Kieselsäure nicht sofort präcipitirt, selbst nach vierundzwanzig Stunden bildet sich nur ein unbedeutender Niederschlag[1]). Die Lösung enthält viel kohlensaures Kali,

---

[1]) Nach Struckmann (Jahresb. 1855 S. 362 ff.) sollen bei mehrtägigem Einleiten von Kohlensäure durch eine verdünnte Lösung von kohlensaurem und kieselsaurem Natron und Kali, nach der Umwandlung der kohlensauren Alkalien in zweifach kohlensaure

aber kein Bicarbonat, welches letztere sich erst nach längerem Durchleiten bildet. Bei diesem Versuch wird eine beträchtliche Menge kieselsaures Alkali zersetzt; da sich aber keine oder doch nur eine ganz unbedeutende Menge Kieselsäure ausscheidet: so beweiset dies, dafs sich ein saures kieselsaures Alkali gebildet hatte. Man kann nicht annehmen, dafs die ausgeschiedene Kieselsäure als solche, neben dem ursprünglichen kieselsauren Alkali, aufgelöst war; denn die bedeutende Menge kohlensaures Alkali, welche entstanden war, setzt die Verdrängung einer bedeutenden Menge Kieselsäure voraus, welche nicht die erforderliche Quantität Wassers zur Auflösung hätte finden können.

Dieser Versuch führt also zu dem wichtigen Resultate, dafs alkalische Carbonate oder Bicarbonate und Silicate in Gewässern neben einander bestehen können, und dafs, nachdem Kohlensäure selbst so lange wie bei diesem Versuche und weiter unten durchgeleitet worden, die Zersetzung keine vollständige war. Noch viel weniger kann dies daher der Fall sein, wenn die Gewässer nur die geringe Menge Kohlensäure enthalten, welche der atmosphärischen Luft oder Dammerde entnommen ist.

Ich wiederholte diesen Versuch um zu ermitteln, ob alkalische Silicate in wässriger Lösung auch dann noch existiren können, wenn freie Kohlensäure vorhanden ist. Da ich fand, dafs Salmiak selbst aus einer sehr verdünnten Lösung alkalischer Silicate gallertartige Kieselsäure niederschlägt: so wurde zu Wasser, mit Kohlensäure gesättigt, so lange Natronsilicat gesetzt, als sich eben noch alkalische Reaction zeigte. Salmiak trübte die Flüssigkeit schwach erst nach einigen Stunden. Dies genügte aber nicht, mit Bestimmtheit auf die Gegenwart

---

Salze, die kieselsauren Alkalien vollständig von der Kohlensäure zersetzt werden, wobei sich die Kieselsäure gallertartig abscheidet. (Die Verschiedenheit der von Struckmann und mir beobachteten Erscheinungen mag in dem verschiedenen Grade der Verdünnung der angewandten Lösungen, in der verschiedenen Zusammensetzung der alkalischen Silicate oder der Dauer des Durchleitens von Kohlensäure ihre Erklärung finden.)

von unzersetztem Natronsilicat zu schliefsen. Eine solche Flüssigkeit abzudampfen, und den Rückstand zu analysiren, schien nicht rathsam, weil in der Hitze eine Zersetzung des gebildeten Natroncarbonat durch ausgeschiedene aber noch aufgelöste Kieselsäure, mithin eine Regeneration von Natronsilicat hätte eintreten können.

Daher wurde eine verdünnte Lösung von Natronsilicat, durch welche so lange Kohlensäure geleitet worden, bis sie sauer reagirte, unter der Luftpumpe mittelst Schwefelsäure in gewöhnlicher Temperatur abgedampft. Beim Auspumpen entwickelte sich die freie Kohlensäure in grofser Menge. Nach 14 Tagen war die Flüssigkeit so weit abgedampft, dafs sie eine steife Gallerte bildete, welche stark alkalisch reagirte und mit Säuren brauste. Diese Gallerte wurde mit Wasser so lange ausgewaschen, bis sich keine alkalische Reaction mehr zeigte. Als zu einem kleinen Theile der zuerst erhaltenen Auflösung Salmiak gesetzt wurde, schieden sich gallertartige durchsichtige Flocken aus, welche auf die Gegenwart von noch unzersetztem Natronsilicat schliefsen liefsen. Der Rückstand vom Auswaschen wurde getrocknet und nochmals ausgewaschen, wodurch er eine geringe Gewichtsabnahme erlitt. Nach Behandeln mit Flufssäure blieb ein geringer Rückstand, welcher Natron enthielt.

Dies Abwaschewasser vom Auslaugen der Gallerte wurde abermals unter der Luftpumpe bis auf einen kleinen Rest abgedampft, wobei sich Kieselsäure-Flocken abschieden, deren Menge zur Prüfung auf Natron zu gering war. Aus der davon abfiltrirten Flüssigkeit wurde die Kohlensäure durch Salzsäure ausgetrieben und ihre Menge mit aller Sorgfalt bestimmt. Nach dem Abdampfen dieser Flüssigkeit bis zur Trockne und nach abermaligem Auflösen des Chlornatrium im Wasser schied sich noch etwas Kieselsäure aus.

Die durch vorstehende Versuche erhaltenen Substanzen betrugen in Procenten:

Kieselsäure vom ersten Abdampfen	53,21
Natron, welches mit ihr verbunden war	0,63
Kieselsäure vom zweiten Abdampfen	2,42
Kohlensaures Natron	37,11
Kieselsäure, welche beim Chlornatrium war . . .	0,95
Natron, welches mit dieser Kieselsäure verbunden war	5,68
	100,00

Aus diesen Untersuchungen ergiebt sich, dafs in einem Wasser, welches mit Kohlensäuregas gesättigt ist, neben 37,11 Th. kohlensaurem Natron 6,67 Th. kieselsaures Natron bestehen kann. Ein solches Wasser kann daher in Mineralien, womit es in Berührung kommt, drei verschiedene Wirkungen hervorbringen. 1) Seine freie Kohlensäure zersetzt Silicate, z. B. Kalksilicate, und wandelt sie in Carbonate um. 2) Seine alkalischen Carbonate zersetzen die durch sie zersetzbaren Silicate, z. B. Kalksilicate, wodurch dieselben gleichfalls in Carbonate umgewandelt werden, während die Kieselsäure dieser Silicate an die Alkalien tritt. 3) Ist es kohlensaures Kali, welches das Wasser enthält: so werden durch dieses Carbonat die Natronsilicate in Kalisilicate umgewandelt (Nro. 38). Vereinigen sich mit diesen gebildeten Kalisilicaten die im Wasser schon vorhandenen und werden beide von den Mineralien aufgenommen: so tritt an die Stelle der zersetzten Natronsilicate eine gröfsere Menge von Kalisilicaten.

Da mit Kohlensäure gesättigte Wasser, die Säuerlinge ausgenommen, zu den Seltenheiten gehören: so ist klar, dafs in den gewöhnlichen, durch die Gesteine filtrirenden Gewässern, nie eine so grofse Menge kohlensaurer Alkalien, im Verhältnisse zu den kieselsauren Alkalien, wie sie oben gefunden wurde, vorhanden sein wird. Im Gegentheil werden in diesen Gewässern die letzteren wohl stets die prädominirenden sein.

Berechnet man vorstehende Analysen auf Procente, A die Zusammensetzung der beim ersten Abdampfen ausgeschiedenen Verbindung, B die nach dem zweiten Abdampfen in der Flüssigkeit zurückgebliebene Verbindung, so erhält man:

	A.	B.	C.
Kieselsäure	98,83	14,33	66,04
Natron	1,17	85,67	33,96
	100,00	100,00	100,00

A ist daher eine übersaure, B eine überbasische Verbindung, wenn man beide Gemische überhaupt noch für Verbindungen nach bestimmten Mischungsverhältnissen halten will. So viel steht aber als Thatsache fest, dafs ein Natronsilicat, ungefähr von der Zusammensetzung C, beim langsamen Abdampfen seiner verdünnten Auflösung in zwei Gemische zerfällt, wovon das Eine einen sehr grofsen Ueberschufs an Kieselsäure, das Andere einen grofsen Ueberschufs an Natron enthält, und wovon jenes 8 Mal so viel als dieses beträgt. Hieraus geht hervor, dafs in den Verbindungen der Kieselsäure mit Basen ein grofser Spielraum stattfindet.

Es ist nicht im mindesten zu bezweifeln, dafs beim Verdunsten der im höchsten Grade verdünnten Auflösungen alkalischer Silicate, welche durch die Gesteine filtriren, ähnliche Zersetzungen in übersaure und überbasische Silicate stattfinden werden; denn das Abdampfen geht dort gleichfalls in gewöhnlicher Temperatur und zwar noch langsamer als unter der Luftpumpe von Statten. Dafs die freie Kohlensäure in den Gewässern einen Antheil an diesen Zersetzungen nehme, ist nicht wahrscheinlich; denn dieselben treten erst bei schon weit fortgeschrittener Verdunstung ein, während welcher die freie Kohlensäure entweicht. Bei meinen Versuchen entwich sie natürlich schon vollständig beim ersten Auspumpen der Luft.

Es ist zu schliefsen, dafs Gewässer, wenn sie zersetzend und auflösend auf Mineralien wirken, eben solche übersaure und überbasische Silicate hervorrufen werden, wovon sie die löslicheren fortführen, die minder löslichen zurücklassen. Auf diese Weise ist zu begreifen, wie sich das ursprüngliche Mischungsverhältnifs der, solchen Einflüssen ausgesetzten Mineralien ganz allmälig und in den ersten Stadien der Zersetzung so wenig verändern kann, dafs die Veränderung weder durch das mineralogische Auge noch durch die chemische Analyse nachzuweisen ist.

Endlich zeigen noch die obigen Versuche, wie sich aus Gewässern, welche Kohlensäure, kohlensaure und kieselsaure Alkalien enthalten, kieselige Substanzen mit

aufserordentlich geringen Beimischungen von Alkalien abscheiden können. Solche Substanzen finden sich wirklich; so enthalten namentlich die Opale, Feuersteine, Cachologne etc. geringe Mengen Alkalien und andere Basen (Kapitel XLI). Man würde diese Basen wahrscheinlich auch in anderen kieseligen Substanzen finden, wenn man sich die Mühe geben wollte, letztere zu analysiren. Wegen der Schwerlöslichkeit der erdigen Silicate ist durch das Experiment nicht zu ermitteln, ob auch diese, nach langsamer Verdunstung ihrer Auflösungen, in übersaure und überbasiche zerfallen; es ist aber wohl kaum daran zu zweifeln. Man möchte vermuthen, dafs die so äufserst schwerlöslichen Magnesiasilicate zur Bildung der Opale contribuirt haben; denn fast in allen finden sich geringe Mengen von Magnesia.

Wenn nun in Spalten und Drusenräumen aus Gewässern, die Silicate enthalten, übersaure Silicate abgesetzt worden sind: so werden die überbasischen Silicate durch sie fortgeführt. Solche überbasische Silicate finden sich wirklich in den Quellwassern; denn die Kieselsäure beträgt in ihnen im Verhältnifs zu den Basen stets sehr wenig. Zwar können nur geringe Mengen dieser Basen der Kieselsäure zugetheilt werden, indem bei weitem der gröfste Theil mit andern Säuren und mit Salzbildern verbunden ist. Bis jetzt hat man aber nur selten die Kohlensäure der Carbonate direct bestimmt und daraus die Zusammensetzung der Silicate ermittelt. Man würde aber höchst wahrscheinlich überbasische Salze in Quellwassern finden, wenn man sich die Mühe geben wollte, diese allerdings schwierigen Analysen mit grofser Sorgfalt anzustellen.

b. Leitet man einen Strom von Kohlensäure durch Wasser, in welchem Kalksilicat suspendirt ist, so bildet sich ein Absatz, der mit Säuren braust, und Kieselsäure scheidet sich in Flocken ab. Wird die Kohlensäure durch eine Lösung von Kalksilicat geleitet, so bildet sich kein Niederschlag, weil das Carbonat von Kalk löslicher als dessen Silicat ist.

c. Da Magnesiacarbonat gleichweise viel löslicher als das künstlich dargestellte Silicat ist, so wird eine Lösung des letztern durch Kohlensäure nicht getrübt. Aber wenn

die Lösung nach der Behandlung mit Kohlensäure zur Trockne verdampft wird, so braust der Rückstand mit Säuren. Magnesiasilicat wird indessen nicht durch Kohlensäure zersetzt, wenn es nur im Wasser suspendirt ist.

Natürliche feinzerriebene kieselsaure Magnesia (Speckstein) in Wasser suspendirt, durch welches 24 Stunden lang Kohlensäuregas geleitet wurde, brauste gleichfalls nicht mit Säuren. Als die vom Specksteinpulver abfiltrirte Flüssigkeit zur Trockne abgedampft wurde, blieb ein schwarzer Rückstand, der $\frac{1}{160941}$ vom Gewichte derselben betrug, und auch nicht mit Säuren brauste. Seine Menge war zur quantitativen Analyse nicht hinreichend; er bestand aber aus Kieselsäure, mehr Eisenoxyd und weniger Magnesia. Das mit Kohlensäure gesättigte Wasser schien daher Eisenoxyd- und Magnesia-Silicat aufgelöst zu haben. Unter keinen Umständen kann es aber Speckstein zersetzen. Dafs das im Wasser aufgelöste künstliche Magnesiasilicat eine Zersetzung durch Kohlensäure erlitt, rührt davon her, dafs dieses die Kieselsäure in ihrer löslichen, der Speckstein dagegen in ihrer unlöslichen Modification enthält; denn dieser wird selbst von den starken Säuren nicht zersetzt.

Das so verschiedene Verhalten der sich so ähnlichen Erden, Kalk und Magnesia, in ihren Verbindungen mit Kieselsäure gegen Kohlensäure ist, wie wir später sehen werden, in geologischer Beziehung von grofser Wichtigkeit. Es erklärt die so leichte Zersetzung der Kalksilicat haltenden und die so äufserst schwierige Zersetzung der Magnesiasilicat haltenden Gesteine. Es erklärt, warum die in ihrer reinsten Form nur aus Magnesiasilicat bestehenden Specksteine und Talke zu den unveränderlichsten Gesteinen gehören.

In Bezug auf die Säuerlinge ist zu bemerken, dafs weil dieselben nur an wenigen Orten vorkommen, sie von viel geringerer Bedeutung bei der Betrachtung der Veränderungen, welche in Gesteinen stattfanden, sind, als das Meteorwasser, welches durch die Gesteine sickert. Da dieses süfse Wasser gewöhnlich nur eine geringe Menge Kohlensäure enthält, so kann die zersetzende Wirkung durch diese Säure nur im Laufe beträchtlicher Zeiträume statt haben.

d. Die Zersetzung der Eisenoxydulsilicate durch Kohlensäure ist, weil es so schwierig ist, diese Silicate in reinem Zustande darzustellen, durch das Experiment nicht wohl nachzuweisen. Da es indess kaum Quellwasser giebt, welche nicht wenigstens Spuren von kohlensaurem Eisenoxydul enthalten, wenn sie auch aus Gesteinen kommen, in denen dieses Carbonat nicht, wohl aber Eisenoxydulsilicat vorkommt: so kann nicht im mindesten bezweifelt werden, dafs ersteres durch Zersetzung dieses Silicats mittelst der Kohlensäure in den Gewässern entsteht. Die Eisenoxydulcarbonate in Gesteinen, wie z. B. im Basalt, welche fast nur Eisenoxydulsilicate enthalten, müssen denselben Ursprung haben.

Da sich die Kohlensäure nicht mit Eisenoxyd verbindet: so kann sie auch nicht Eisenoxydsilicat zersetzen. Das Eisenoxydulcarbonat in Quellwassern und in Drusenräumen kann daher nur von Eisenoxydulsilicat herrühren, welches letztere indefs durch einen Reductionsprocefs aus Eisenoxydsilicat entstanden sein könnte.

Die Gegenwart der Eisenoxydulsilicate in Gewässern, wenn dieselben auch freie Kohlensäure enthalten, kann mit gutem Grunde vermuthet werden. Da nämlich diese Silicate nur sehr schwierig selbst durch kochende Salzsäure zerlegt werden: so ist zu erwarten, dafs sie neben freier Kohlensäure in Gewässern existiren können, ohne eine merkliche Zersetzung zu erleiden. Jene Vermuthung wird durch die Gegenwart der Kieselsäure in dem aus Säuerlingen abgesetzten Eisenocher vollkommen bestätigt.

Diese Kieselsäure kann nicht im freien Zustande vorhanden sein; denn ich habe häufig bemerkt, dafs beim Auflösen von solchem Ocher in Salzsäure eine braun gefärbte Kieselsäure zurückbleibt, welche erst nach anhaltendem Behandeln mit siedender Säure weifs wird. Wäre diese Kieselsäure nicht mit dem Eisenoxyd chemisch verbunden, so würde letzteres ohne Schwierigkeit aufgelöst werden.

Im Eisenocher, welcher sich aus den Säuerlingen von *Marienbad* in *Böhmen* absetzt, fand Kersten[1]) Eisenoxydsilicat. Rammelsberg[2]) bemerkte, dafs der Eisen-

[1]) Neues Jahrbuch für Mineralogie u. s. w. 1845 S. 659.

[2]) Poggend. Annalen B. LXXII. S. 574.

ocher, welcher sich aus Gewässern eines Stollen absetzte, mit Säuren gelatinirte. Kosmann[1]) fand im Mineralwasser von *Niederbronn* kieselsaures Eisen- und Manganoxyd. Auch der oben (p. 37) beschriebene Versuch mit Speckstein zeigt die Löslichkeit des kieselsauren Eisenoxyd in mit Kohlensäure gesättigtem Wasser.

In Bezug auf das Vorkommen von Kieselsäure im Eisenocher ist zu bemerken, dafs das Eisenoxydulhydrat der erste Bestandtheil ist, der aus eisenhaltigen Wassern durch die oxydirende Wirkung der Luft präcipitirt wird. Die Kieselsäure lagert sich indessen nur bei der Verdunstung ab. Aber, wenn wie in den oben erwähnten Fällen Kieselsäure zusammen mit Eisenoxydul abgelagert ist, kann kein Zweifel darüber sein, dafs beide chemisch mit einander verbunden sind.

Es ist gewifs, dafs der Eisenocher, der in eisenhaltigen Wassern abgelagert wird, hauptsächlich in der Form von Oxydulcarbonat vorhanden war, aber das ist nicht zu entscheiden, ob das Oxydsilicat, welches sich in diesem Ocher findet, als solches oder als Oxydulcarbonat in den Gewässern vorhanden war.

Wenn indessen das Eisen mit der Kieselsäure als Oxyd verbunden war, so kann man nicht denken, warum es zusammen mit dem Oxydhydrat abgelagert worden sein sollte, da die oxydirende Wirkung, durch welche das Oxydulcarbonat zersetzt und Oxyd abgelagert wird, nicht statt haben kann, wenn das Eisen schon als Oxyd mit der Kieselsäure verbunden gewesen wäre. Aus diesem Grunde ist es wahrscheinlich, dafs nur Eisenoxydul in Lösung in eisenhaltigen Wassern vorhanden ist, und dafs das Oxydsilicat, gebildet durch die Oxydation, abgelagert wird, weil es weniger löslich, als das Oxydulsilicat ist.

e. Was von der Zersetzung der Eisenoxydulsilicate durch Kohlensäure und von ihrem Vorkommen in Quellwassern gilt, hat höchst wahrscheinlich auch Bezug auf die Zersetzung der Manganoxydulsilicate durch Kohlensäure und von ihrem Vorkommen in Quellwassern.

f. Da sich die Kohlensäure nicht mit Thonerde ver-

---

[1]) Journ. de Pharm. et Chemie. 3. Serie T. XVI. P. 43.

binden kann: so ist klar, dafs Thonerdesilicat nicht durch diese Säure zersetzt werden kann.

Durch das Vorhergehende ist die Gegenwart der Eisenoxydul- und Manganoxydulsilicate in Quellwassern nachgewiesen worden; es bleibt daher nur noch übrig zu zeigen, dafs auch Kalk- und Magnesiasilicate in Quellwassern gefunden werden.

Pagenstecher und Müller[1]) haben gefunden, dafs die directe Bestimmung der Kohlensäure in den Quell- und Brunnenwassern von *Bern* eine geringere Quantität gibt, als die, welche der Kalk liefern würde, wenn er ganz als Carbonat vorhanden wäre. Diese Chemiker sind defshalb der Ansicht, dafs eine geringe Quantität dieser Erde mit Kieselsäure verbunden ist. Löwig scheint dasselbe in seinen Analysen der Thermen von *Pfäffers* beobachtet zu haben.

Bei der Analyse von Mineralwassern habe ich immer gefunden, dafs die Magnesia, die aus denselben abgeschieden worden, eine geringe Menge Kieselsäure enthält. Da Magnesia eine grofse Verwandtschaft zu Kieselsäure hat, und unter allen andern Bestandtheilen, die in diesen Wassern enthalten sind, die am wenigsten lösliche Verbindung mit ihr eingeht: so ist es sehr wahrscheinlich, dafs Magnesiasilicat wirklich bei der Analyse abgeschieden wird. Nach Berzelius[2]) wird Magnesiasilicat gleichweise abgeschieden, wenn man die heifsen *Carlsbader* Quellen abdampft. Kersten[3]) fand Kalk- und Magnesiasilicate in den Mineralwassern von *Marienbad* (Kreuz- und Ferdinandsbrunnen), welche reich an Kohlensäure sind. Beim Abdampfen dieser Wasser bei gewöhnlicher oder erhöhter Temperatur werden zuerst Kalk- und dann Magnesiacarbonate abgelagert und dann Silicate, die mit Säuren gallertartig werden.

Die Silicate, welche wir in den Quellwassern finden, können entweder als solche von denselben aufgelöst werden, oder sie werden erst wie die vorstehenden Unter-

---

[1]) Mittheilungen der naturforschenden Gesellschaft in Bern. 1844. Nr. 31—33 p. 152.

[2]) Gilbert's Annalen der Physik T. 74 p. 141.

[3]) Ebendas. p. 659.

suchungen dargethan haben, durch die Wechselwirkung zwischen den Bestandtheilen der Gesteine und der Quellwasser gebildet.

2. Silicate, welche die Kieselsäure in ihrer löslichen Modification enthalten, werden durch die stärkeren Säuren auf nassem Wege zersetzt.

Schwefelwasserstoff-Exhalationen erfolgen nicht blos aus Vulkanen, sondern sind allgemein verbreitet. Da, wie wir später sehen werden, der Schwefelwasserstoff in Berührung mit der Luft die Bildung von Schwefelsäure veranlafst, so ist klar, dafs auf diese Weise grofsartige Zersetzungen von Silicaten stattfinden können. Im Uebrigen können diese Zersetzungen nur eine untergeordnete Rolle spielen, da schwefelige Säure, Schwefelsäure und Salzsäure in der Natur nur bei vulkanischen Eruptionen auftreten.

So fand Sauvage [1]) in tertiären Gesteinen von der Insel *Milo* beträchtliche Quantitäten Alaunstein und gallertartige Kieselsäure, deren Menge von 3,8 bis 31,6 p. C. stieg. Er hält diese Substanzen für Producte der Zersetzung von Feldspath-Gesteinen durch Schwefelsäure, von der man noch Spuren in ihnen findet. Diese Schwefelsäure rührt gewifs nur von Schwefelwasserstoff-Exhalationen her, worauf auch der auf der ganzen Insel verbreitete Schwefel deutet [2]).

Derselbe Chemiker [3]) fand im Depart. der *Ardennen* in dem sogenannten *Gaize*, eine 300 Fufs mächtige und aufserordentlich zerklüftete Formation, welche das Liegende der Kreide bildet, 56 p. C. gallertartige Kieselsäure und 17 p. C. feinen Quarzsand enthält. Wahrscheinlich rührt auch diese Kieselsäure von völlig zersetztem Feldspathe her: der Quarzsand läfst auf ein granitisches Ge-

---

[1]) Annal. des mines (4) T. X P. 69.

[2]) In der *Solfatara* am Berge *Kalamo*, wo eine erhöhte Temperatur herrscht, besteht der Boden aus einem mit Schwefel, Alaun und Cimolit gemengten Sand. Der Cimolit enthält etwas Schwefelsäure, Salzsäure und Spuren von Alaun und Kochsalz. Ohne Zweifel lieferte letzteres durch Zersetzung mittelst Schwefelsäure die freie Salzsäure.

[3]) Compt. rend. 1846. T. XXII. P. 257.

stein, woraus das Sediment hervorgegangen, schliefsen. Auch hier könnte es Schwefelwasserstoffgas gewesen sein, welches, in der Tiefe entwickelt, in jenes Gestein geströmt ist, und in demselben die Zersetzung bewirkt hat.

3. Die Kieselsäure treibt aus Carbonaten Kohlensäure in der Glühhitze aus. Dies ist schon längst bekannt. Ich fand aber, dafs diese Zersetzung in schwächerem Grade schon in der Siedhitze des Wassers erfolgt.

Kocht man eine Auflösung von kohlensaurem Natron mit Kieselsäure in ihrer löslichen Modification: so wird Kohlensäuregas entwickelt. Die rückständige Auflösung enthält Natronbicarbonat. Wäscht man die Kieselsäure, welche sich nach dem Erkalten ausscheidet, mit Wasser aus, so lange als sich noch eine alkalische Reaction zeigt, behandelt man sie dann mit Salzsäure, und dampft die saure Flüssigkeit zur Trockne ab: so bleibt Chlornatrium zurück. Dieses Natron war daher nicht mit Kohlensäure sondern mit Kieselsäure verbunden. In siedendheifsen Quellen, wie auf *Island*, welche Kieselsäure und Natron enthalten, ist folglich kieselsaures Natron vorhanden.

Es ist klar, dafs die Kohlensäure, welche bei der Zersetzung von Natroncarbonat durch Kieselsäure abgeschieden wird, bei dem Theile des Carbonates bleibt, welcher nicht zersetzt wird. Das Bestehen dieses Natronbicarbonat ist indessen nur ein momentanes, da es beständig durch die Hitze zersetzt wird. Aber wenn die Lösung erkaltet, hört diese Zersetzung auf; von da an findet man Natronbicarbonat in ihr.

Eine Lösung von Kalicarbonat unterliegt ganz derselben Wirkung durch Kieselsäure wie eine Lösung von Natroncarbonat.

Kocht man eine Auflösung eines kohlensauren Alkali mit Kieselsäure in ihrer unlöslichen Modification: so entwickelt sich, dem Anscheine nach, eine eben so reichliche Menge Kohlensäuregas, wie wenn Kieselsäure in ihrer löslichen Modification angewandt wird. Alkalische Silicate scheinen sich daher auf diese Weise aus löslicher wie aus nicht löslicher Kieselsäure zu bilden.

Als ich über einem Gemenge aus kohlensaurem Kalk (künstlich dargestelltem oder körnigem Kalkstein) oder

aus kohlensaurer Magnesia oder aus Eisenspath mit künstlich dargestellter Kieselsäure oder mit gepülvertem Quarz Wasser abdestillirte, entwickelte sich mit dem Wasserdampf Kohlensäuregas, wie die deutliche Trübung des vorgeschlagenen Kalkwassers zeigte. In der Siedhitze werden daher diese Carbonate durch Kieselsäure zersetzt. Ob die Zersetzung vollständig erfolgt, wenn das abdestillirte Wasser mehrmals erneuert wird, ist nicht ermittelt worden.

4. Kohlensaure Alkalien zersetzen bekanntlich die Lösungen von schwefelsaurem Kalk, schwefelsaurer Magnesia, Chlorcalcium und Chlormagnesium.

Enthalten daher Gesteine solche Erdsalze und werden ihre alkalischen Silicate durch die Kohlensäure theilweise in Carbonate umgewandelt: so gehen in den Gewässern, welche jene Erdsalze und diese Carbonate auflösen, gegenseitige Zersetzungen von Statten: es entstehen kohlensaure Erden, schwefelsaure Alkalien und alkalische Chlorüre. Wird nicht alle Kohlensäure zur Zersetzung der alkalischen Silicate verbraucht: so löst der Rest die entstandenen kohlensauren Erden ganz oder theilweise auf.

Manche Quellwasser, welche kohlensaure Erden, schwefelsaure Alkalien und alkalische Chlorüre enthalten, mögen durch solche Zersetzungen entstehen. Sind die entstandenen kohlensauren Alkalien nicht hinreichend zur Zersetzung aller Erdsalze: so bleibt ein Theil derselben unzersetzt in den Gewässern zurück. Häufig findet man auch in Quellwassern neben kohlensauren Erden, schwefelsauren Alkalien und alkalischen Chlorüren jene Erdsalze. Betragen hingegen die kohlensauren Alkalien mehr, als zur Zersetzung der Erdsalze erforderlich ist: so bleibt ein Theil derselben unzersetzt zurück. Dies ist der Fall bei den Säuerlingen; denn durch ihren reichen Gehalt an Kohlensäure sind die Bedingungen zu einer reichen Bildung von alkalischen Carbonaten gegeben.

5. Kohlensaure Alkalien zersetzen kieselsauren Kalk[1]).

---

[1]) Für dieses und für andere später folgende Experimente wurde kieselsaurer Kalk durch Zersetzung von Chlorcalcium durch kieselsaures Kali, welches durch Auflösung von Kieselsäure in ihrer löslichen Modification in kochender Kalilauge bis zur Sättigung erhalten

Giefst man auf Kalksilicat eine Lösung von kohlensaurem Kali, filtrirt man nach einiger Zeit die Flüssigkeit ab und wäscht den Rückstand so lange aus, als sich noch eine alkalische Reaction zeigt: so wird er durch Salzsäure unter Aufbrausen gröfstentheils aufgelöst. Er besteht daher hauptsächlich aus kohlensaurem Kalk, der durch Zersetzung des kieselsauren Kalk mittelst kohlensaurem Kali entstanden war. Auch durch Behandlung des Wollastonit und des Wernerit mit einer kochenden Lösung von kohlensaurem Kali kann man, wenn auch nur schwach, diese Zersetzung wahrnehmen.

Berzelius analysirte die innern und äufsern Theile eines alten Messers von Feuerstein, welches auf der Oberfläche verändert worden war, und fand in ihm:

	Im Innern	Oberfläche
Kali	1,34	3,2
Kalk	5,74	3,2
Eisenoxyd und Thonerde	1,20	—

Es ist einleuchtend, dafs der Kalk nur durch Lösung entfernt werden konnte, und die Veränderung an der Oberfläche scheint daher, wie er bemerkt, von der beständigen Einwirkung einer Flüssigkeit, welche geringe Spuren von Kali enthält, herzurühren. Letzteres ersetzte allmälig den Kalk. Es ist indessen anzunehmen, dafs diese Veränderung während unseres historischen Zeitraumes stattgefunden habe, da wir nicht voraussetzen können, dafs unsere Vorfahren ein Instrument zum Schneiden aus einem durch Zersetzung theilweise mürbe gemachten Feuerstein angefertigt haben. So haben wir denn hier den Beweis für die wirkliche Ersetzung des Kalk durch Kali in einem der härtesten und dichtesten Gesteine, auf dessen Hauptbestandtheil Wasser nicht einwirkt. Halten wir diesen Wechsel fest: so kann es uns nicht überraschen, wenn wir Wernerit in Glimmer umgewandelt finden, da dieser Procefs lediglich in der Ersetzung des Kalk durch Kali besteht.

In der Folge wird gezeigt werden, dafs solche Ersetzungen häufig vorkommen, und dieses wird die Ent-

---

wurde, dargestellt. Das gefällte Kalksilicat wurde ausgewaschen, so lange sich noch eine alkalische Reaction zeigte.

stehung vieler pseudomorpher Mineralien erklären. Wir wollen nun die Einwirkung meteorischer Wasser auf Gesteine eingehender untersuchen. Wenn sie alkalische Silicate enthaltend durch Gesteine filtriren, so wird die erste Wirkung in der theilweisen Zersetzung dieser Substanzen durch die im Wasser befindliche Kohlensäure bestehen (Gesetz 1). Alkalische Carbonate werden gebildet und aufgelöst. Wenn das Wasser mit diesen beim ferneren Durchdringen der Gesteine in Berührung mit Kalk-Silicaten kommt (Gesetz 5), so wird eine andere Zersetzung eintreten, durch welche alkalische Silicate gebildet werden. Diese ersetzen das zersetzte Kalksilicat und den kohlensauren Kalk, welcher aufgelöst wird, wenn das Wasser noch hinreichende Kohlensäure enthält. Es mag sonderbar erscheinen, dafs die alkalischen Silicate zurückgelassen werden sollten, während der viel weniger lösliche kohlensaure Kalk weggeführt wird. Aber diese Schwierigkeit ist gehoben, wenn wir uns erinnern, dafs alkalische Silicate sich chemisch mit andern Silicaten verbinden und Doppelsalze entstehen, welche zu den unlöslichsten Gesteinen gehören. Wir müssen defshalb annehmen, dafs der Grund ihres Zurückbleibens in ihrer in statu nascenti erfolgenden Verbindung mit andern vorhandenen Silicaten liegt. Kohlensaurer Kalk indessen geht keine Verbindung mit Silicaten ein und wird defshalb entweder in Lösung fortgeführt oder gleichfalls abgesetzt, wenn keine freie Kohlensäure vorhanden ist. Dieses würde das häufige Vorkommen dieser Substanz als Kalkspath auf umgewandelten Gesteinen, welche noch unzersetztes Kalksilicat enthalten, erklären.

Selbst wenn die Gesteine in verschiedenen Tiefen in ihrer Zusammensetzung gleich sind, so ist die chemische Wirkung der Meteorwasser an der Oberfläche eine andere, als in gröfserer Tiefe. Im erstern Falle spielt allein die Wahlverwandtschaft; die Kohlensäure im Wasser entzieht den Silicaten von Kali, Natron, Kalk, Eisenoxydul u. s. w. theilweise die Base und Kieselsäure wird frei. Daher finden wir denn, dafs Gesteine, welche Kalksilicat enthalten, oft leicht aufbrausen, wenn sie mit Säuren berührt werden, selbst wenn Farbe, Glanz und Härte gar nicht

oder nur wenig verändert worden sind. Dieser Versuch ist daher ein sehr empfindliches Mittel um geringe anfangende Zersetzungen in Gesteinen, die Kalksilicat enthalten, zu erkennen.

Der Sauerstoff der Meteorwasser kann nur eine theilweise Oxydation des Eisen- und Manganoxydul in den Gesteinen bewirken. Im Anfange dieser Wirkung kann man nur kleine braune Flecken mit Hülfe eines Mikroskops erkennen. Mit einer bräunlichen Oberfläche stellt sich oft das oben erwähnte Aufbrausen ein. Aber nicht selten brausen Gesteine, zum Beispiel Basalt, stark mit Säuren, ohne ihre ursprüngliche Farbe verloren zu haben. Auf der andern Seite erscheint Basalt manchmal durch und durch braun ohne dieses Aufbrausen zu zeigen. Dieses kommt indessen nur in dem letzten Stadium der Zersetzung vor, wenn der kohlensaure Kalk, der bei der Zersetzung der Silicate gebildet worden war, aufgelöst worden ist. Der gröfste Theil des Eisenoxydul wurde in Oxyd umgewandelt und blieb mit dem Thonerdesilicat zurück. In solchen Fällen ist der Basalt mehr oder weniger verwittert und leicht zu zerbröckeln.

Beim Brechen von Basaltsäulen habe ich oft nasse Flecken, wie Regentropfen auf den Bruchflächen beobachtet, und manchmal ganz im Innern der Masse, was mit Bestimmtheit den Beweis liefert, dafs selbst so feste Gesteine wie Basalt von Wasser durchdrungen werden können. Wenn dieses Durchdringen der Gewässer ein beständiges ist, so wird der Sauerstoff und die Kohlensäure des Wassers nach und nach die Bildung von Eisenoxyd und kohlensaurem Kalk verursachen. Das Vorkommen brauner Flecken in zerbrochenem Basalt hängt hiermit zusammen. Das Eindringen des Wassers in den Basalt scheint das Vorhandensein von äufserst feinen Haarspalten in demselben anzuzeigen und ich habe wirklich solche bisweilen mit Hülfe des Mikroskops oder indem ich Säuren rund um die braunen Flecken gofs, wahrgenommen. In dem letztern Falle wurde ein Aufbrausen in einer Linie von dem Fleck nach der Oberfläche des Basalt hin wahrgenommen, was die Lage der Spalten anzeigte, die sodann mit dem Mikroskope untersucht wurden. Beim Eindringen in diese

Spalten hat die Kohlensäure des Wassers das Kalksilicat in Carbonat ringsum umgewandelt. Die bräunliche Färbung konnte nur an dem innern Theile der Spalte wahrgenommen werden, und desshalb mufs die Bildung des Kalkcarbonat der Oxydation des Eisen vorangeschritten sein. Zu bemerken ist ferner, dass beim Berühren der braunen Flecken mit Säuren ein Aufbrausen derselben zu beobachten war.

Es ist kaum nöthig die Unrichtigkeit der Ansicht einiger Geologen hervorzuheben, dafs alle Kalkcarbonate in Gesteinen, die hauptsächlich aus Silicaten bestehen, entweder gleichzeitig mit letzteren gebildet, oder von den Wassern, die die Gesteine durchdrangen, abgelagert worden sind. Diese Ansicht steht im Widerspruche mit der Thatsache, dafs mit Ausnahme weniger Fälle Aufbrausen mit Säuren nur in denjenigen Gesteinen beobachtet wurde, die Kalksilicate enthalten. Unter einer grofsen Anzahl von Graniten fand ich nur einen, welcher ein äufserst schwaches Aufbrausen zeigte. Bekanntermaafsen kommt Kalksilicat sehr selten im Orthoklas vor, und nur in geringer Menge. Da ich indessen voraussetzte, dafs ein einigermaafsen zersetzter Granit, der Oligoklas enthielt, vielleicht aufbrausen würde, suchte ich einen solchen zu bekommen, und fand wirklich meine Annahme bestätigt. Wenn auf ein Stück eines solchen Granit unter Wasser eine Säure getropft wird, so kann das Entweichen von Kohlensäuregas von den Oligoklaskrystallen allein deutlich beobachtet werden [1]). Stücke Syenit, deren Hornblende etwas zersetzt war, boten dieselbe Erscheinung. Kohlensäure entwich ebenfalls nur zwischen den Oberflächen des Krystalls und dem Muttergestein. Zersetzungen werden immer beobachtet in Gesteinen, in denen grofse Krystalle vorkommen, weil deren Zwischenräume leichter Wasser zulassen.

6. Kohlensaure Alkalien zersetzen nicht kieselsaure Magnesia.

---

[1]) Es braucht kaum bemerkt zu werden, dafs das Wasser vorher gekocht wurde, um alle atmosphärische Luft auszutreiben, die in den Poren des Granit enthalten sein könnte. Auf diesem Wege kann die geringste Menge Kohlensäure aufgefunden werden.

Als dieses künstlich dargestellte Silicat, mit einer Lösung von kohlensaurem Kali übergossen, 24 Stunden lang stehen blieb, und der Rückstand sorgfältigst ausgewaschen wurde, brauste dieser nicht im mindesten mit Säuren. Ebenso wenig konnte Magnesiasilicat durch anhaltendes Kochen mit einer Lösung von kohlensaurem Kali in Magnesiacarbonat und Kalisilicat zersetzt werden.

Kocht man eine Lösung von kohlensaurem Natron mit gepülvertem Speckstein, dampft bis zur Trockne ab, und laugt hierauf das Natronsalz aus: so findet sich in der Flüssigkeit keine Spur von Magnesia, und der ausgewaschene Rückstand braust nicht im mindesten mit Säuren. Kohlensaure Natron-Magnesia wird daher nicht gebildet.

7. Kohlensaure Alkalien zersetzen in der Siedhitze wie in gewöhnlicher Temperatur Fluorcalcium; kohlensaurer Kalk und alkalische Fluorüre werden gebildet[1]).

8. Kieselsaure Alkalien zersetzen schwefelsauren Kalk, schwefelsaure Magnesia, Chlorcalcium und Chlormagnesium: Kalk- oder Magnesiasilicat und schwefelsaure Alkalien oder Chlorkalium oder Chlornatrium werden gebildet.

Diese Zersetzungen sind leicht wahrzunehmen, wenn

---

[1]) Durch mehrere Versuche habe ich in der 1. Aufl. B. I. S. 496 gezeigt, dafs diese Zersetzung in der Siedhitze erfolgt. Da hierzu natürlicher Flufsspath angewandt worden, welcher, wie so häufig, nicht ganz rein gewesen sein möchte: so wiederholte ich diese Versuche mit Fluorcalcium, das aus reiner Flufssäure und künstlich dargestelltem kohlensauren Kalk erhalten wurde. Dieses Fluorcalcium wurde einige Minuten mit einer Lösung von kohlensaurem Natron gekocht, die Flüssigkeit von dem Rückstande abfiltrirt, und letzterer ausgewaschen bis sich keine alkalische Reaction mehr zeigte. Derselbe löste sich theilweise unter starkem Brausen in verdünnter Salzsäure auf; das Fluorcalcium war daher noch nicht vollständig zersetzt worden: zu jener Flüssigkeit wurde Essigsäure gesetzt bis die alkalische Reaction verschwunden war. Kalkwasser fällte hierauf Fluorcalcium; die Flüssigkeit enthielt daher Fluornatrium aufgelöst.

Als Fluorcalcium mit einer Lösung von kohlensaurem Natron übergossen 12 Stunden lang in gewöhnlicher Temperatur stehen blieb, zeigten sich dieselben Reactionen. Das Brausen mit verdünnter Salzsäure war indefs etwas schwächer; vom Fluorcalcium war daher weniger als in der Siedhitze zersetzt worden.

die kieselsauren Alkalien in wässriger Lösung zu den Lösungen dieser Erdsalze gesetzt werden; die schwerlöslichen erdigen Silicate fallen dann nieder.

Es kann durch die Analyse nicht ermittelt werden, ob die Kieselsäure in den löslichsten Silicaten (den alkalischen) an diese Alkalien oder an andere Basen gebunden ist. Da indefs jene Silicate Bestandtheile der zusammengesetzten Silicate sind: so müssen sie bei Zersetzung derselben aufgelöst werden. Da endlich die obengenannten Erdsalze in vielen Quellwassern gefunden werden: so ist zu begreifen, wie durch die angeführten Zersetzungen Kalk- und Magnesiasilicate entstehen können. Wir müssen es sogar für sehr wahrscheinlich halten, dafs Gewässer, in denen jene Erdsalze gelöst sind, die Zersetzung des Feldspath und anderer, alkalische Silicate haltender Mineralien, sehr befördern werden.

9. Kalisilicat zersetzt Chlornatrium; Natronsilicat und Chlorkalium werden gebildet.

Das Kalisilicat wurde dargestellt, indem zur Auflösung der Kieselsäure in kochender Kalilauge Alkohol gesetzt, und der Niederschlag mit Alkohol von 30 p. C. zur Abscheidung des freien Kali ausgewaschen wurde. Nachdem zu 2,75 Gr. dieses in Wasser gelösten Kalisilicat 5,5 Gr. Chlornatrium in Wasser gelöst, gesetzt worden, wurde die Flüssigkeit etwas abgedampft, wobei sich einige Flöckchen ausschieden, und Alkohol zugesetzt. Die von dem niedergeschlagenen Silicat abfiltrirte Flüssigkeit enthielt 16 Gr. Kali, welches als Chlorkalium aufgelöst war. Das durch Salzsäure und durch Abdampfen bis zur Trockne zersetzte Silicat enthielt 0,097 Kali, und war daher gröfstentheils Natronsilicat. Ist nun auch die Zersetzung nicht vollständig erfolgt, so ist doch der Beweis geliefert, dafs sich Kalisilicat und Chlornatrium gegenseitig zersetzen[1]).

[1]) Es ist längst bekannt, dafs Kochsalz als mineralisches Düngungsmittel wirkt. In den fern vom Meere gewachsenen Pflanzen finden sich nur Spuren von Natronsalzen: Kalisalze sind daher vorherrschend. Da nun das Kochsalz das Kalisilicat zersetzt: so wird auch das im Thonboden in unlöslicher Verbindung enthaltene Kalisilicat zersetzt und in leicht lösliches Chlorkalium umgewandelt und den Pflanzen zugeführt werden. Bekannt ist es, dafs man in den Pflanzenaschen dieses Chlorür findet.

10. Natronsilicat zersetzt kohlensaures Zinkoxyd, wenn dasselbe in mit Kohlensäure gesättigtem Wasser aufgelöst ist: kieselsaures Zinkoxyd mit etwas kohlensaurem Zinkoxyd werden gefällt.

Monheim, sehr beharrlich und gründlich die Processe verfolgend, wodurch die Zinkerze und ihre pseudomorphen Bildungen entstanden sind, bestimmte ihre Löslichkeit, und fand, dafs 10.000 Th. mit Kohlensäure gesättigtes Wasser 8 bis 8,2 Th. durch kohlensaures Natron gefälltes basisch kohlensaures Zinkoxyd, und 4,12 Th. Kieselzinkerz auflösen, dafs gepülverter krystallisirter Zinkspath viel schwerlöslicher als jenes künstlich dargestellte Carbonat ist [1], und dafs sich das Kieselzinkerz in reinem kochenden Wasser nicht auflöst. Nach dem Abdampfen der Lösung des Kieselzinkerzes in kohlensaurem Wasser blieb ein Rückstand von kieselsaurem Zinkoxyd mit kohlensaurem Zinkoxyd. Durch einen andern Versuch überzeugte er sich, dafs sich Kieselzinkerz auch ohne die mindeste Zersetzung in kohlensaurem Wasser auflösen kann. Strömt aber Kohlensäuregas anhaltend durch eine solche Lösung: so findet eine theilweise Zersetzung statt, wobei die ausgeschiedene Kieselsäure aufgelöst bleiben kann. Monheim fand ferner, dafs kieselsaures Natron aus einer Lösung des kohlensauren Zinkoxyd in kohlensaurem Wasser kieselsaures Zinkoxyd mit etwas kohlensaurem Zinkoxyd niederschlägt, und vermuthet daher, dafs die Auflösungen von kieselsaurem Kalk und kieselsaurer Magnesia dieselben Zersetzungen bewirken werden.

11. Kalkbicarbonat und Kalisilicat liefern Kali- und Kalkcarbonat, während Kieselsäure frei wird.

Diese merkwürdige Zersetzung erfolgt, wenn zu einer wässrigen Lösung von Kalkbicarbonat eine Lösung von kieselsaurem Kali gesetzt wird. Es entsteht ein Niederschlag, der sich mit Brausen in Salzsäure auflöst, wobei Kieselsäure zurückbleibt. Wir werden später sehen, dafs solche Zersetzungen im Mineralreiche wirklich stattfinden.

---

[1]) Er bezieht sich hinsichtlich dieser ungleichen Löslichkeit auch auf meine Versuche (1. Aufl. B. I. S. 378), wonach künstlicher kohlensaurer Kalk gleichfalls leichtlöslicher, als natürlicher ist. Vgl. auch S. 1139 das.

12. Kalkbicarbonat scheint durch Magnesiahydrat zersetzt zu werden unter Bildung von Kalk- und Magnesiacarbonat.

Eine solche Zersetzung kommt in dem Marmor von *Predazzo* in *Tyrol* vor, der von Petzholdt Predazzit genannt worden ist. Nach der Analyse von J. Roth [1]) besteht er unverändert aus 2 Aequivalenten Kalkcarbonat und 1 Aequivalent Magnesiahydrat, aber der zersetzte Marmor enthält nur 1,86 % Magnesia, die mit Kohlensäure verbunden ist. Es ist sehr wahrscheinlich, dafs Wasser, welches Kalkbicarbonat enthielt, auf das Magnesiahydrat einwirkte, und die Bildung von Kalkcarbonat veranlafste, welches abgelagert, und von Magnesiacarbonat, welches fortgeführt wurde. Damour hat gleichweise gefunden, dafs die Zersetzung eines grauen bandstreifigen Kalksteins aus derselben Gegend mit einer Zunahme des Kalkcarbonat und einer Abnahme der Magnesia verknüpft war. Die letztere fortgeführt durch Wasser wird in Spalten wiederum als Magnesiacarbonat abgelagert [2]).

13. Kalkbicarbonat und schwefelsaures Eisenoxydul, welches im Wasser gelöst ist, bilden Gyps und kohlensaures Eisenoxydul, welches letztere alsbald in Oxyd übergeht [3]).

---

[1]) Journ. für prakt. Chemie B. 52, p. 346.

[2]) Bullet. de la Soc. Géolog. de France, Deux. Série T. I. 1847 p. 1052.

[3]) Die Frage, ob sich schwefelsaures Eisenoxydul wie schwefelsaures Zinkoxyd zu saurem kohlensauren Kalk verhalte, ist etwas schwierig zu beantworten, da Eisenoxydulsalze ganz frei von Eisenoxydsalzen darzustellen, sehr schwierig ist, und da, wenn auch eine Lösung von reinem schwefelsaurem Eisenoxydul angewendet wird, sich dieselbe beim Vermischen mit einer Lösung von saurem kohlensaurem Kalk und beim nachherigen Abdampfen theilweise in schwefelsaures Eisenoxyd umwandelt. Nach dem Eintröpfeln einer Eisenvitriol-Lösung in diese Lösung opalisirte die Flüssigkeit, und nach einigen Stunden schied sich ein bedeutender Niederschlag von Eisenoxydhydrat mit etwas basisch-schwefelsaurem Eisenoxyd, aber ohne eine Spur von kohlensaurem Kalk ab; die abfiltrirte Flüssigkeit enthielt dagegen schwefelsauren Kalk aufgelöst. Um zu entscheiden, ob der Niederschlag vielleicht nur vom schwefelsauren Eisenoxyd und vom oxydirten schwefelsauren Eisenoxydul des Eisenvitriols herrührte, wurde gleichzeitig von zwei gleichen Quantitäten einer Eisenvitriol-Lösung, die eine in eine Lösung von kohlensaurem Kalk in kohlen-

14. Kalkbicarbonat und schwefelsaures Kupferoxyd in Lösung geben Gyps und kohlensaures Kupferoxyd.

15. Kalkbicarbonat und schwefelsaures Zinkoxyd geben Gyps und kohlensaures Zinkoxyd.

16. Magnesiabicarbonat und Kalksilicat liefern Kalkbicarbonat und Magnesiasilicat [1]).

In der Folge wird gezeigt werden, dafs Magnesia häufig an die Stelle des Kalk tritt. Es ist durchaus wahrscheinlich, dafs dieser Austausch in der angegebenen Weise stattfindet, da Magnesiabicarbonat häufig in Wasser vorkommt und solches Wasser beim Filtriren durch Gesteine, welche Kalksilicat enthalten, natürlich diese Veränderung veranlassen wird.

Ueberblicken wir die vorstehende Reihe von Zersetzungsprocessen: so sehen wir, dafs Kohlensäure, Kalkbicarbonat [2]) und die kohlensauren Alkalien die meisten

---

saurem Wasser, die andere in eben so viel reines Wasser getröpfelt. Kaum nach einer Minute zeigte sich schon in der Lösung des kohlensauren Kalk ein Opalisiren; nach einer halben Stunde war die weifse Farbe in ochergelb übergegangen und über Nacht hatte sich ein bedeutender Niederschlag von Eisenoxydhydrat abgesetzt. Das mit der Eisenvitriol-Lösung versetzte Wasser war aber erst über Nacht etwas milchig geworden. Es ist also klar, dafs die alsbald in der Kalklösung erfolgte Trübung nicht von einer durch Verdünnung der Eisenvitriol-Lösung herbeigeführten Oxydation und Bildung von basisch schwefelsaurem Eisenoxyd herrührte, sondern dafs sich der kohlensaure Kalk und das schwefelsaure Eisenoxydul gegenseitig zersetzten, und dafs sich das kohlensaure Eisenoxydul sogleich nach seiner Entstehung zu Eisenoxydhydrat oxydirte. Es ist auch begreiflich, wie diese Umwandlung des kohlensauren Eisenoxydul viel schneller von Statten gehen muss, als die Umwandlung des schwefelsauren Eisenoxydul; denn jenes wird durch fortgesetzte Oxydation ganz zu Eisenoxydhydrat, dieses nur theilweise zu basisch schwefelsaurem Eisenoxyd.

[1]) Das wenig lösliche Kalksilicat wurde mit heifsem Wasser behandelt um eine gesättigte Lösung zu erhalten, welche einen Niederschlag mit Magnesiabicarbonat gibt. Als kaltes Wasser zu der Lösung angewandt wurde, erfolgte kein Niederschlag bis zum folgenden Tag.

[2]) Da das chemische Verhalten des Magnesiabicarbonat dem des Kalkbicarbonat so ähnlich ist: so ist nicht zu zweifeln, dafs in den meisten Fällen jenes wie dieses wirken werde. Beide Carbonate

Zersetzungen und Umbildungen im Mineralreiche hervorbringen. Kohlensäure und Kalkbicarbonat gehören zu den allgemeinsten Bestandtheilen nicht blos der Wasser der Quellen, sondern auch der Flüsse, Seen und der Meere. Die kohlensauren Alkalien sind in den Gewässern zwar nicht so allgemein verbreitet; denn in denjenigen, welche schwefelsaure Erdsalze, Chlorcalcium, Chlormagnesium u. s. w. enthalten, können sie nicht vorkommen; mit Ausnahme solcher Wasser, fehlen sie aber selten in denselben. Dafs es von grofser Wichtigkeit ist, gerade diejenigen Substanzen, welche so mancherlei Zersetzungen im Mineralreiche hervorzubringen vermögen, in den Gewässern als Hauptbestandtheile zu finden, leuchtet von selbst ein.

17. Eisenoxydulbicarbonat und Kalksilicat bilden kieselsaures Eisenoxydul und Kalkbicarbonat [1]).

18. Neutraler oder basisch phosphorsaurer Kalk in wässriger Kohlensäure aufgelöst, zersetzt kieselsaure Alkalien; kieselsaurer Kalk fällt nieder und phosphorsaure Alkalien bleiben aufgelöst [2]).

---

kommen bekanntlich meist in Gesellschaft in Quellwassern, obgleich das Magnesiabicarbonat gewöhnlich in geringeren Mengen als das Kalkbicarbonat vor.

[1]) Zu einer Lösung von Kalksilicat wurde eine Lösung von Eisenoxydulbicarbonat, welche durch Strömen von Kohlensäuregas durch Wasser, worin sich Eisenfeile befand, bei Ausschlufs von atmosphärischer Luft dargestellt worden, gesetzt, und die Flasche verschlossen. Am dritten Tage hatten sich ochergelbe Flocken abgesetzt, welche aus kieselsaurem Eisenoxyd bestanden. Die von diesem Niederschlage abfiltrirte Flüssigkeit zur Trockne abgedampft gab einen ochergelben Rückstand, der mit Salzsäure brauste und daher kohlensauren Kalk enthielt.

Eisenoxydulbicarbonat ist ein ganz gewöhnlicher Bestandtheil der Quellen. Es dürfte kaum ein Brunnenwasser geben, welches nicht wenigstens Spuren davon enthielte; dies zeigen die Absätze in unsern Wasserflaschen, die fortwährend im Gebrauche sind. Da auch Kalksilicat in diesen Gewässern vorkommt: so kann, nach dem Resultate jenes Versuchs, dieses Silicat jenes Carbonat zersetzen und kieselsaures Eisenoxydul und kohlensaure Kalkerde entstehen, wenn durch Verdunstung des Wassers eine Ausscheidung der Bestandtheile erfolgt.

[2]) In den folgenden Versuchen wurden stets neutraler und basisch phosphorsaurer Kalk in wässriger Kohlensäure aufgelöst ange-

19. Phosphorsaurer Kalk in wässriger Kohlensäure aufgelöst wird auch durch kohlensaure Alkalien zersetzt; kohlensaurer Kalk wird gefällt und phosphorsaure Alkalien bleiben aufgelöst [1]).

20. Phosphorsaurer Kalk, in wässriger Kohlensäure aufgelöst, zersetzt Eisenoxydulbicarbonat; phosphorsaures Eisenoxydul fällt nieder und Kalkbicarbonat bleibt aufgelöst [2]).

21. Phosphorsaurer Kalk zersetzt schwefelsaures Eisenoxydul; blafsgelbes phosphorsaures Eisenoxydul fällt nieder. Wendet man schwefelsaures Eisenoxyd an, so ist der Niederschlag mehr gelb.

22. Phosphorsaurer Kalk zersetzt schwefelsaures Kupferoxyd; hellgrünes phosphorsaures Kupferoxyd fällt nieder.

23. Fluorkalium in wässriger Lösung zersetzt künstlich dargestelltes Thonerdesilicat; Fluoraluminium und Kalisilicat werden gebildet.

24. Fluornatrium in wässriger Lösung zersetzt schon in gewöhnlicher Temperatur künstlich dargestelltes Kalksilicat.

Fluornatrium, dargestellt durch Zersetzung des Kieselfluornatrium mittelst kohlensaurem Natron, mit der Vorsicht, dafs letzteres Salz nicht im Ueberschusse zugesetzt wurde, digerirte ich in wässriger Auflösung mit Kalksi-

---

wendet; die Niederschläge durch das basische Salz waren aber stets stärker, weil es in wässriger Kohlensäure leichter löslich ist als das neutrale.

[1]) Nach Lawrence Smith (Chem. Gaz. N. 57. P. 100) wird dagegen kohlensaurer Kalk, wenn er mit einer Lösung von phosphorsaurem Alkali digerirt wird, zersetzt; phosphorsaurer Kalk und kohlensaures Alkali werden erhalten. Die Zersetzung erfolgt aber nie vollständig.

[2]) Wird das Eisenoxydulbicarbonat auf die vorhin angegebene Weise dargestellt und die Flasche mit den beiden Lösungen verschlossen, um die Ausscheidung des Eisenoxydul durch Oxydation zu verhüten: so entsteht nach mehreren Stunden ein fast weifser Niederschlag. Das phosphorsaure Eisenoxydul ist daher schwerlöslicher in wässriger Kohlensäure, als die phosphorsauren Kalksalze und das Eisenoxydulbicarbonat.

licat bis zum anfangenden Sieden. Das Kalksilicat wurde erhalten, indem man Quarzpulver mit der dreifachen Menge kohlensaures Kali schmolz, die geschmolzene Masse mit Wasser auslaugte, zur Auflösung Essigsäure setzte, bis die alkalische Reaction verschwunden war, hierauf das aufgelöste kieselsaure Kali mit Kalkwasser fällte und den Niederschlag auswusch. Bei Behandlung dieses kieselsauren Kalk mit der Fluornatrium-Lösung zeigte sich sogleich die Einwirkung beider Salze auf einander; denn die Flüssigkeit nahm eine stark alkalische Reaction an. Es ergab sich hieraus, was ich erwartet hatte, dafs das Fluor des Fluornatrium an das Calcium des kieselsauren Kalk getreten, und dagegen kieselsaures Natron, welches die alkalische Reaction bewirkte, entstanden war. Das gebildete Fluorcalcium wurde so lange mit heifsem Wasser ausgewaschen, als eine Auflösung von Chlorcalcium noch die Gegenwart des Fluornatrium im Abwaschewasser anzeigte. Dafs der Rückstand wirklich Fluorcalcium war, zeigten die Flufssäure-Dämpfe, welche sich bei seiner Behandlung mit Schwefelsäure entwickelten und Glas ätzten. Durch jenes sorgfältige Auswaschen des Rückstandes war jede Spur von noch unzersetztem Fluornatrium, welches die Entwicklung von Flufssäure-Dämpfen hätte veranlassen können, entfernt worden.

Um dem Vorgange in der Natur noch näher zu kommen, behandelte ich eine zweite Portion kieselsauren Kalk mit einer Fluornatrium-Auflösung in gewöhnlicher Temperatur. Bald zeigte sich gleichfalls eine alkalische Reaction in der Flüssigkeit. Nachdem beide Salze 16 Stunden lang der gegenseitigen Einwirkung ausgesetzt blieben, wurde filtrirt und der Rückstand mit kaltem Wasser ausgewaschen, bis Chlorcalcium nicht mehr auf das Abwaschewasser reagirte.

Dieser Rückstand entwickelte, mit Schwefelsäure übergossen, schon in gewöhnlicher Temperatur mit Heftigkeit Flufssäure, so dafs ein mit Wachs überzogenes Uhrglas, auf welches Buchstaben radirt waren, sehr stark und tief geätzt wurde. Die gegenseitige Zersetzung eines alkalischen Fluorür und kieselsauren Kalk schon in gewöhnlicher Temperatur und die Bildung von Flufsspath ist in geologischer Beziehung von Wichtigkeit, indem dieses

Mineral unter denselben Umständen im Mineralreiche sich bilden wird.

Es war zu erwarten, dafs auch die natürlichen Kalksilicate, wie jenes künstliche, durch eine Auflösung von Fluornatrium zersetzt werden würden. Um die Verhältnisse in der Natur so viel wie möglich nachzuahmen, wurde fein gepülverter Basalt, der mit Säuren nicht brauste, mithin noch keine merkliche Zersetzung erlitten hatte, mit einer Auflösung von Fluornatrium in der Siedhitze behandelt. Es zeigte sich ebenfalls eine starke alkalische Reaction in der Flüssigkeit.

Nachdem das Basaltpulver mit heifsem Wasser ausgewaschen worden war, bis Chlorcalcium nicht mehr reagirte, wurde auf Flufssäure geprüft. Es war aber auf dem Uhrglase keine Aetzung wahrzunehmen; nur beim Anhauchen zeigte sie sich an einer Stelle, aber blos augenblicklich und so schwach, dafs man es nicht wagen konnte, daraus auf eine Entwicklung von Flufssäure zu schliefsen.

Gepülverter Trachyt wurde auf dieselbe Weise mit einer Auflösung von Fluornatrium in der Siedhitze behandelt. Es zeigte sich gleichfalls eine stark alkalische Reaction. Als nach sorgfältigem Auswaschen das Trachytpulver auf Flufssäure geprüft wurde, konnte man zwar auch keine Aetzung wahrnehmen; allein beim Anhauchen des Uhrglases kamen ganz deutlich die darauf gravirten Buchstaben zum Vorschein. Dies zeigte sich noch nach mehreren Tagen. Mit dem Verschwinden des Hauches verschwanden aber auch stets die Buchstaben.

Welche von den Gemengtheilen des Basalt und des Trachyt die Zersetzung des Fluornatrium bewirkt haben, welches Fluorür, ob Fluorcalcium oder Fluormagnesium oder Fluoraluminium oder Fluoreisen entstanden sein mag, ist nicht zu ermitteln. Es mag sein, dafs sich ein Fluorür gebildet hatte, welches weniger schwerlöslich, als Fluorcalcium war, und daher vom heifsen Abwaschewasser gröfstentheils fortgeführt wurde [1]); die geringe Reaction auf Glas

---

[1]) Die Prüfung des Rückstandes auf Flufssäure fordert natürlich ein vollständiges Auswaschen, damit nicht rückständiges Fluornatrium die Reaction auf diese Säure veranlassen kann. Ich setzte,

dürfte aber hauptsächlich auch davon herrühren, dafs das Fluor, auf Kosten der Kieselsäure in diesen krystallinischen Gesteinen, gröfstentheils als Fluorkieselgas entwichen war.

Gepülverter Diorit mit einer Auflösung von Fluornatrium in gewöhnlicher Temperatur behandelt, bewirkte gleichfalls eine Zersetzung des letzteren und eine stark alkalische Reaction. Aber in keiner Weise konnte in dem ausgewaschenen Dioritpulver, ohne Zweifel der vorhin angeführten Ursachen wegen, die Gegenwart von Fluor erkannt werden.

Aus vorstehenden Versuchen ergiebt sich, dafs auch zusammengesetzte Silicate (Labrador, Hornblende, Augit u. s. w.) alkalische Fluorüre zersetzen und Fluorüre aus Erdenmetallen oder aus Eisen bilden können. Sollte sich daher bei Zersetzung des Glimmers ein einfaches alkalisches Fluorür ausscheiden, welches, von Gewässern fortgeführt, mit Basalt in Berührung käme: so würde es ohne allen Zweifel so zersetzt werden, dafs das Fluor im Basalte als un- oder doch wenigstens als schwerlösliches Fluorür zurückbliebe, während ein lösliches alkalisches Silicat fortgeführt würde. Auf diese Weise würde leicht zu begreifen sein, wie manche Mineralien, denen Fluor als ursprünglicher Bestandtheil fremd ist, geringe Quantitäten davon nach und nach aufnehmen und solche bei der Analyse zu erkennen geben.

25. Die Zersetzung des Magnesiasilicat durch Fluornatrium geht etwas schwierig von Statten. Auch darin zeigt sich die schwierige Zersetzbarkeit der Magnesiasilicate.

26. Fluornatrium zersetzt phosphorsauren Kalk in wässriger Kohlensäure aufgelöst; Fluorcalcium fällt nieder und phosphorsaures Natron bleibt aufgelöst.

---

wie bemerkt worden, das Auswaschen stets so lange fort, als noch eine Lösung von Chlorcalcium getrübt wurde. In der Natur sind die Verhältnisse anders. Dringen durch krystallinische Gesteine Gewässer, welche ein alkalisches Fluorür aufgelöst enthalten: so wird die Bildung der schwerlöslichen erdigen Fluorüre so lange anhalten, als die Infiltration dauert. Nur in dem Falle, dafs später reines Wasser durch das Gestein filtrirte, könnten die gebildeten schwerlöslichen Fluorüre wieder fortgeführt werden; im entgegengesetzten Falle finden wir sie bei der Prüfung auf Fluor.

Da kohlensaure Alkalien zu den gewöhnlichen Bestandtheilen der Quellen gehören und dieselben, nach Nr. 7 Flufsspath, welcher in vielen Gesteinen und namentlich auf Gängen derselben vorkommt, zersetzen: so ist es sehr wahrscheinlich, dafs solche Zersetzungen häufig statt finden, und alkalische Fluorüre in Quellen vorkommen werden. Diese Fluorüre können aber darin nur dann gefunden werden, wenn nicht gleichzeitig erdige Silicate vorhanden sind; denn in diesem Falle bilden sich beim Abdampfen der Quellwasser erdige Fluorüre. Dafs die durch dieses Abdampfen unlöslich gewordenen Bestandtheile der Quellen manchmal Fluorcalcium enthalten, ist bekannt. Man würde es noch häufiger finden, wenn man Dr. Wilson's neues Verfahren zur Entdeckung des Fluor bei Gegenwart von Kieselsäure [1]) zur Anwendung brächte; denn da unter jenen Bestandtheilen stets Kieselsäure ist: so kann nach dem bisherigen Verfahren nur dann Fluor nachgewiesen werden, wenn das Fluorür bei weitem mehr als die Kieselsäure beträgt.

Der Flufsspath gehört zu denjenigen Mineralien, deren Löslichkeit im Wasser noch leicht bestimmt werden kann. Wilson [2]) fand, dafs er sich in 26923 Th. reinen Wassers auflöst. Er kann daher nicht blos durch Gewässer, welche kohlensaure Alkalien enthalten, sondern auch durch reine Wasser fortgeführt werden. In jenem Falle kann auch der gebildete kohlensaure Kalk, der viel leichter löslich als der Flufsspath ist, durch die Gewässer fortgeführt werden. Die so häufigen Verdrängungen des Flufsspath durch andere Mineralien, sein gänzliches Verschwinden aus mehreren Erzgängen im sächsischen Erzgebirge [3]) erklären sich aus diesen Wirkungen ganz genügend.

27. Sulphate der Alkalien und alkalischen Erden werden durch kohlenhaltige Substanzen auf nassem Wege zu Sulphureten reducirt.

Diese Zersetzung findet in Mineralwassern statt, welche

---

[1]) Vorgetragen in der Royal Society in *Edinburgh* und mir mitgetheilt von Professor Jameson.

[2]) *Edinb.* new Phil. Journ. V. XLIX. p. 230.

[3]) Breithaupt über die Aechtheit der Krystalle etc. S. 40.

Sulphate, vorzüglich Natronsulphat und organische Substanzen enthalten. Wenn solche Mineralwasser einige Zeit in verkorkten Flaschen aufbewahrt werden, nehmen sie einen Geruch nach Schwefelwasserstoff an [1].

Der sogenannte Stück-Gyps ist ein Gyps, der theilweise in Schwefelcalcium durch organische Materie und Wasser umgewandelt worden ist. Der Hepatit zeigt, dafs selbst der sehr schwerlösliche schwefelsaure Baryt dieselbe Zersetzung erleidet.

28. Sulphurete der Alkalien und alkalischen Erden zersetzen kohlensaures Eisenoxydul und Eisenoxydhydrat unter Bildung von Schwefeleisen [2].

Wenn defshalb ein Mineralwasser schwefelsaure Salze, Eisenoxydulcarbonat und organische Materie enthält: so sind die Bedingungen zur Bildung von Schwefeleisen gegeben, und Eisenkies ist wirklich auf diesem Wege gebildet worden. (Kap. XX.)

29. Mit Kohlensäure gesättigtes Wasser löst $\frac{1}{4108}$ seines Gewichtes künstliches kohlensaures Zinkoxyd auf. Schwefelkalium fällt aus dieser Lösung weifses Schwefelzink [3].

Wenn defshalb Wasser Sulphate der Alkalien oder alkalischen Erden, organische Materie und kohlensaures Zinkoxyd enthält, so sind die Bedingungen für die Bildung von Zinkblende vorhanden.

30. Schwefelkalium und Chlormagnesium zersetzen

---

[1] Diese Zersetzung wird nicht allein durch die im Wasser gelösten organischen Substanzen herbeigeführt, sondern auch durch zufällige Unreinigkeiten, Stroh u. s. w.

[2] Eisenoxydhydrat mit einer Lösung von Schwefelkalium in einem geschlossenen Gefäfs behandelt, wird schwarz, und entwickelt, nachdem es ausgewaschen worden ist, bei der Behandlung mit Chlorwasserstoffsäure, Schwefelwasserstoffgas. Forchhammer fand, dafs eisenhaltiger Thon sich ebenso verhielt.

[3] So lange dieses Schwefelzink nicht vollständig präcipitirt war, setzte es sich leicht ab, und die Flüssigkeit ging ganz klar durch das Filter. Aber als nur wenige Tropfen Schwefelkalium im Ueberschufs zugesetzt waren, wurde sie milchig; selbst nach 24 Stunden war kein Niederschlag abgesetzt und die Flüssigkeit ging trübe durch das Filter. Sie wurde klar beim Kochen, trübte sich aber wieder beim Erkalten.

sich gegenseitig unter Bildung von Magnesiahydrat, Schwefelwasserstoff und Chlorkalium.

Der gröfsere Theil des Chlormagnesium bleibt unzersetzt. Es mufs also Wasser bei diesem Procefs zersetzt werden, und der Sauerstoff desselben sich mit dem Magnesium, der Wasserstoff mit dem Schwefel des zersetzten Sulphuret vereinigen. Die Magnesia wird als Hydrat präcipitirt, und der Schwefelwasserstoff vereinigt sich mit dem unzersetzten Schwefelkalium [1]).

31. Der Hepatit zeigt das Vorkommen von Schwefelbaryum im Mineralreiche und er wird sich vorzugsweise in der Steinkohlen-Formation finden, wenn schwefelsaurer Baryt, wie in *England* und *Schottland*, in derselben vorkommt. Schwefelbaryum zersetzt Chlormagnesium, wobei Magnesiahydrat, Chlorbaryum und eine Verbindung von Schwefelbaryum mit Schwefelwasserstoff gebildet werden und ein Theil des Chlormagnesium unzersetzt bleibt [2]).

---

[1]) Selbst wenn eine concentrirte Lösung von Schwefelkalium zu einer concentrirten Lösung von Chlormagnesium gefügt wird, so entsteht ein Niederschlag erst nach einiger Zeit und derselbe nimmt beim Auswaschen allmälig ab. Er wurde in einem geschlossenen Gefäss ausgewaschen, so dafs keine Kohlensäure absorbirt werden konnte. Ich dachte zuerst, dafs dieses Präcipitat Schwefelmagnesium wäre, aber es zeigte sich, dafs dieses nicht der Fall sei; denn als eine Lösung von Kupferchlorid und Salzsäure hinzugefügt wurde, fand keine Gasentwicklung statt, und das Kupferchlorid wurde nicht im Geringsten geschwärzt. Bei den beiden folgenden Versuchen, 31 und 32, wurden dieselben Resultate gefunden. Als eine concentrirte Lösung von Schwefelkalium zu einer concentrirten Lösung von Chlormagnesium gesetzt wurde, bis sich kein Niederschlag mehr bildete, betrug die gefällte Magnesia 4,64 % und die in der filtrirten Flüssigkeit enthaltene 95,36 %.

[2]) Bei Mischung concentrirter Lösungen von Schwefelbaryum und Chlormagnesium bildet sich sogleich ein Niederschlag und selbst sehr verdünnte Lösungen beider Substanzen bewirken noch eine merkliche Trübung. Als eine concentrirte Lösung von Schwefelbaryum zu einer concentrirten Lösung von Chlormagnesium gesetzt wurde, bis kein Niederschlag mehr entstand, betrug die gefällte Magnesia 82,35 %, und in der davon abfiltrirten Flüssigkeit waren 17,64 % von dieser Erde enthalten. Hier wurde also bei weitem die gröfsere Menge des Chlormagnesium zersetzt. Als die gefällte Magnesia in der Siedhitze des Wassers getrocknet wurde, entwickelte

32. Schwefelbaryum zersetzt auch Chlorcalcium, wobei Kalkhydrat, Chlorbaryum und eine Verbindung von Schwefelbaryum mit Schwefelwasserstoff gebildet werden und ein Theil des Chlorcalcium unzersetzt bleibt[1]). Chlorbaryum kommt wirklich in Salzsoolen vor. Ich fand es in einer erbohrten Soole in der Nähe von *Recklinghausen* neben Chlorcalcium und Chlormagnesium. Sehr bemerkenswerth ist es, dafs sich aus dieser Soole eine ganz bedeutende Menge von Kohlenwasserstoffgas entwickelt, welches auf die Gegenwart von organischen Ueberresten in der Werkstätte dieser Soole schliefsen läfst. Ganz in der Nähe hat man auch wirklich die Steinkohlenformation erbohrt.

Bei diesen Zersetzungsprocessen (30, 31 und 32) wird Wasser zerlegt, dessen Sauerstoff sich mit dem Metalle des zum Theil zersetzten Chlorür und dessen Wasserstoff sich mit dem Schwefel des zersetzten Schwefelmetalls verbindet. Ohne Zweifel bewirken alle Schwefellebern solche Zersetzungen. Selbst das schwerlösliche Schwefelcalcium bringt in einer concentrirten Lösung von Chlormagnesium eine Trübung hervor.

Da in Soolen aus Bohrlöchern, die im Steinkohlengebirge am westlichen Abhange der *Alleghanies* niedergetrieben wurden, Chlormagnesium und Chlorcalcium und in einer derselben Steinöl vorkommen: so sind die Bedingungen zur Bildung von Chlorbaryum gegeben; neben diesem kann aber Gyps nicht bestehen.

Die Kenntniss von Processen, wodurch Chlormagne-

---

sich beim stärkeren Erhitzen Wasser; sie war daher als Hydrat gefällt worden, und wird ohne Zweifel stets als solches gefällt; die Menge des Hydratwassers wurde nicht bestimmt.

[1]) Bei Mischung concentrirter Lösungen von Schwefelbaryum und Chlorcalcium entsteht sogleich ein Niederschlag; aber selbst bei Mischung sehr verdünnter Lösungen zeigt sich noch eine Trübung. Als eine concentrirte Lösung von Schwefelbaryum zu einer concentrirten Lösung von Chlorcalcium gesetzt wurde, bis kein Niederschlag mehr entstand, betrug die gefällte Kalkerde 48,73 %, und in der davon abfiltrirten Flüssigkeit waren 51,27 % von dieser Erde enthalten. Da durch das Auswaschen des Niederschlags etwas Kalkerde aufgelöst wurde: so kann man annehmen, dafs die Hälfte des Chlorcalcium zersetzt wurde und die andere Hälfte unzersetzt blieb.

sium zersetzt wird, ist nicht ohne Interesse, da dieses Salz in Gewässern so sehr verbreitet ist, und besonders im Meere und noch mehr in mehreren Salzseen in so bedeutenden Quantitäten vorkommt. Die Schwefellebern, die Zersetzungsmittel des Chlormagnesium, gehören nicht zu den seltenen Erscheinungen; denn überall, wo auf schwefelsaure Alkalien und Erden organische Substanzen und organische Ueberreste wirken, bilden sie sich, und in den Schwefelquellen finden wir sie wirklich [1]). Die Gegenwart von Verbindungen der Schwefellebern mit Schwefelwasserstoff in diesen Quellen, wenn gleichzeitig Chlormagnesium vorhanden ist, findet in dem Vorstehenden ihre Erklärung.

Während die Kenntniſs neuer Zersetzungsprocesse der Magnesia-Verbindungen auf der einen Seite von groſser Wichtigkeit ist, sind es auf der andern die neuen Zersetzungsprocesse des schwefelsauren Baryt, da dadurch die Vorstellung von der Bildung dieses höchst schwerlöslichen Salzes und von seiner nicht seltenen Verdrängung durch andere Substanzen erleichtert wird.

33. Die Zersetzungen des schwefelsauren Kalk und der schwefelsauren Magnesia durch Chlorbaryum sind bekannt.

34. Schwefelwasserstoffgas zersetzt das im Wasser gelöste Eisenoxydulbicarbonat erst, wenn es in groſser Menge durchgeleitet wird.

Da die Zersetzung des einfach kohlensauren Eisenoxydul im suspendirten Zustande sogleich erfolgt: so kann es nur die halbgebundene und freie Kohlensäure sein, welche jene Zersetzung so sehr erschwert. Die schwache Kohlensäure wirkt demnach, wie die stärkeren Säuren, nur daſs diese die Fällung des Eisen durch Schwefelwasserstoffgas gänzlich hindern. Beim Einströmen dieses Gases in eine Lösung von Eisenoxydulbicarbonat wird aber die Kohlensäure verdrängt, und erst, nachdem dies geschehen, bildet sich Schwefeleisen.

[1]) Vielleicht ist das Magnesiahydrat im Mineralreiche durch einen solchen Zersetzungsproceſs entstanden. Nahm es Kohlensäure auf, so verwandelte es sich in Magnesitspath oder in Hydromagnesit um. Das Vorkommen des Magnesit mit beigemengter Kohle in Gyps (*Hall* in *Tyrol*) deutet auf die Wahrscheinlichkeit einer solchen Bildung.

Da das Schwefeleisen bei Gegenwart von Säuren das Wasser zerlegt und Schwefelwasserstoff gebildet wird: so können nicht umgekehrt Eisenoxydulsalze durch dieses Gas, wenn freie Säure vorhanden ist, zersetzt werden. Aber selbst neutrale Eisenoxydulsalze werden durch Schwefelwasserstoff nicht zersetzt; denn mit dieser Zersetzung würde eine Ausscheidung von freier Säure verknüpft sein; mithin kein Schwefeleisen entstehen können. Die Kohlensäure ist dagegen eine leicht zu verflüchtigende Säure, welche, so wie sie aus ihrer Verbindung mit dem Eisenoxydul tritt, sogleich durch das Schwefelwasserstoffgas verjagt wird, unter Bildung und Fällung von Schwefeleisen. Die Fällung ist jedoch nicht vollständig, selbst wenn Schwefelwasserstoffgas in grofsem Ueberschusse durchgeleitet wird.

Leitet man durch eine Lösung von Eisenoxydulbicarbonat so lange Schwefelwasserstoff, als sie sich noch nicht schwärzt, leitet man hierauf atmosphärische Luft durch: so wird sie alsbald schwarz. Dieser Versuch zeigt entschieden, dafs es nur die freie Kohlensäure ist, welche die Bildung von Schwefeleisen verhindert; denn die Luft thut weiter nichts, als dafs sie die Kohlensäure verdrängt. Strömt sie fortwährend durch: so verdrängt sie auch Schwefelwasserstoffgas und endlich wirkt sie sogar oxydirend auf das Schwefeleisen. Was sie vom Schwefelwasserstoff verdrängt, ist indefs nur der Ueberschufs von dem was zur Fällung des Eisens erforderlich ist, die Oxydation tritt dagegen erst nach langer Zeit ein. Einmal geschah es, dafs die noch schwarzgefärbte Flüssigkeit, durch welche eine Zeit lang atmosphärische Luft geleitet worden, plötzlich in's Ochergelbe überging, ein andermal zeigte sich dieser Farbenwechsel erst am andern Morgen.

Entfernt man die freie Kohlensäure durch Neutralisation: so trübt sich die mit Schwefelwasserstoff geschwängerte Lösung von Eisenoxydulbicarbonat auf der Stelle. So durch Zusatz von Ammoniak, von kohlensauren Alkalien und von kohlensaurem Kalk, welche in die Flüssigkeit eingerührt wurden. Die Wirkung dieser Carbonate kann nicht anders gedacht werden, als dafs sie die freie Kohlensäure aufnehmen und sich in Bicarbonate umwandeln.

Von besonderem Interesse ist es, dafs auch der unlösliche kohlensaure Kalk diese Wirkung leistet. Dafs dies auch im Mineralreiche geschieht, wird später gezeigt werden.

Auch das durch oben genannte Substanzen gefällte Schwefeleisen oxydirt sich an offener Luft stehend und geht nach einigen Tagen in's Ochergelbe über.

Sowohl das durch die angeführten Processe dargestellte Schwefeleisen, als das ochergelbe Oxydationsproduct desselben scheidet sich in einem so höchst fein vertheilten Zustande aus, dafs es selbst nach mehreren Tagen nicht zum Absatze kommt, und dafs es eben so wenig durch wiederholtes Filtriren abgesondert werden kann. Nur als die schwarze Flüssigkeit durch thierische Kohle filtrirt wurde, gelang es, sie zum klaren Abfiltriren zu bringen, und zu ermitteln, dafs sie, obgleich sie stark nach Schwefelwasserstoff roch, doch noch kohlensaures Eisenoxydul gelöst enthielt; denn Kaliumeisencyanid färbte sie stark blau.

Um zu finden, wieviel Schwefelwasserstoff die Lösung des Eisenoxydul-Bicarbonat in dem Momente absorbirt enthält, wo die Fällung des Schwefeleisens beginnt, wurde so lange Schwefelwasserstoffgas durch 100000 Th. dieser Lösung geleitet, bis sich eine ganz schwache Schwärzung zeigte. Hierauf wurde der Schwefelwasserstoff durch eine Lösung von Kupferchlorid niedergeschlagen und das gefällte Schwefelkupfer durch Königswasser oxydirt. Chlorbaryum fällte aus der Flüssigkeit 6,33 Th. schwefelsauren Baryt, welche 0,872 Th. Schwefel enthalten, wozu noch 0,345 Schwefel kommen, welche nicht oxydirt wurden. Der ganzen Menge Schwefel = 1,217 entsprechen 1,293 Schwefelwasserstoff. Reducirt man denselben auf sein Volumen: so erhält man 8,2 Vol. in 100 Vol. Wasser bei bei 0° R. und 28 Zoll Barometerstand. Die vom Schwefelkupfer abfiltrirte Flüssigkeit, aus welcher das überschüssige Kupferchlorid durch Schwefelwasserstoffgas gefällt worden, enthielt 0,418 Th. Eisenoxyd, welchen 0,606 Th. kohlensaures Eisenoxydul entsprechen, die ursprünglich in der Lösung enthalten waren.

35. Die Silicate von Zink-, Kupfer-, Nickel- und Silberoxyd werden durch Kohlensäure zersetzt.

a. Als 24 Stunden lang Kohlensäure durch Wasser geleitet wurde, in welchem künstliches kieselsaures Zinkoxyd suspendirt war, zeigte sich schon eine Zersetzung. Nach Monheim löst sich 1 Th. Kieselzinkerz in 2427 Th. mit Kohlensäure gesättigtem Wasser, und nach dem Abdampfen bleibt ein Rückstand von kieselsaurem Zinkoxyd mit kohlensaurem Zinkoxyd. Ich fand, dafs sich, nachdem durch Wasser, worin geschlämmtes Kieselzinkerz eingerührt war, drei Tage lang Kohlensäure geleitet worden, in 3692 Th. Wasser 1 Th. Silicat aufgelöst hatte. Der Rückstand war für eine genaue quantitative Untersuchung zu gering; er wurde aber von Salzsäure unter Aufbrausen und mit Zurücklassung von 0,12 eisenhaltiger Kieselsäure aufgelöst. In der Auflösung fanden sich noch 0,03 Eisenoxyd. Es wurde also etwas mehr als die Hälfte des mit kohlensaurem Wasser behandelten Kieselzink in kohlensaures Zinkoxyd zersetzt. Monheim's Angabe, dafs sich Kieselzink ohne die mindeste Zersetzung in kohlensaurem Wasser lösen kann, ist daher nicht zu bezweifeln. Da dieses Erz vom kohlensauren Wasser zur Lösung nur $^1/_{50}$ von der Menge reinen Wassers fordert, welche künstliches kieselsaures Zinkoxyd löst: so ist begreiflich, dafs die Löslichkeit dieses Erzes bedeutend zunimmt, wenn auch nur geringe Mengen Kohlensäure im Wasser enthalten sind[1]). In diesem Falle wird, bei der Lösung des Kieselzink im Mineralreiche, die Zersetzung bis auf ein Minimum herabsinken und aus der Lösung reines oder fast reines Kieselzink abgesetzt werden. Da indefs manche Varietäten geringe Mengen kohlensaures Zinkoxyd enthalten: so ist entweder schon durch die Kohlensäure in den Gewässern, oder erst durch späteren Zutritt derselben etwas kieselsaures Zinkoxyd zersetzt worden.

b. Künstliches und natürliches kieselsaures Kupferoxyd zeigen ein sehr ungleiches Verhalten zur Kohlensäure.

Künstlich dargestelltes kieselsaures Kupferoxyd aus salpetersaurem Kupferoxyd und kieselsaurem Kali (wobei letzteres mit Salpetersäure versetzt wurde, bis sich kaum

---

[1]) Es ist jedoch nicht zu übersehen, dafs an der zunehmenden Löslichkeit die Zersetzung in kohlensaures Zinkoxyd Antheil hat.

mehr eine alkalische Reaction zeigte, um die Mitfällung von Kupferoxydhydrat zu verhindern), wurde mit einer grofsen Menge Wassers ausgewaschen; allein Kaliumeisencyanür fuhr fort in den letzten Portionen des Abwaschewassers zu reagiren [1]). Hieraus ergiebt sich schon die nachweisbare Löslichkeit des kieselsauren Kupferoxyd in reinem Wasser.

(A) Als Wasser drei Tage lang über demselben gestanden hatte, fanden sich in

98021 Lösung 1 Kupferoxydsilicat, bestehend aus

Kieselsäure . .	0,11
Kupferoxyd . .	0,89 [2]).

(B) Als Kohlensäure ½ Stunde lang durch Wasser, worin Kupferoxydsilikat suspendirt war, geleitet wurde, reagirte Kaliumeisencyanür schon viel stärker, als in einer Lösung des Silicat in reinem Wasser, und die Reaction nahm immer mehr zu. Bald zeigten sich auch weifse, im Wasser schwimmende Kieselsäure-Flöckchen. Nachdem die Flüssigkeit mehrere Tage lang ruhig gestanden hatte, setzten sich diese Flöckchen auf das unzersetzte grüne Silicat ab. Es wurde noch mehrere Tage lang Kohlensäure durchgeleitet, allein eine vollständige Zersetzung desselben konnte nicht erreicht werden. Es fanden sich in

9948 Th. Lösung 1 Th. Rückstand, bestehend aus

Kieselsäure . .	0,49
Kupferoxyd . .	0,51.

Im kohlensauren Wasser hatte sich daher ungefähr 10 Mal so viel als in reinem gelöst, und in jener Lösung war verhältnifsmäfsig viel weniger Kieselsäure als in dieser vorhanden.

(C) Als Kohlensäure 8 Stunden lang durch Wasser,

---

[1]) Schwefelwasserstoff reagirte viel schwächer, als Kaliumeisencyanür; dieses ist also ein empfindlicheres Reagens als jenes auf Kupfer.

[2]) Bei diesen und den folgenden Versuchen wandte ich stets 2 — 4 Pfd. Wasser an und filtrirte die Lösungen vor dem Abdampfen, wenn sie sich auch vollkommen geklärt hatten. Eine eben so grofse Menge destillirtes Wasser für sich abgedampft, lieferte eine ganz unwägbare Spur; die bestimmten Löslichkeits-Verhältnisse sind daher so genau, als sie der Natur der Sache nach sein können.

worin Kieselkupfer von *Tagilsk* suspendirt war, geleitet wurde, reagirte Kaliumeisencyanür merklich. Nach achttägigem Durchleiten war die Reaction sehr stark. Weifse Kieselsäure-Flöckchen schwammen gleichfalls in der Flüssigkeit. Es fanden sich in

18089 Th. Lösung 1 Th. Rückstand, bestehend aus

Kieselsäure	. .	0,19 [1])
Kupferoxyd	. .	0,81.

(D) Als Kohlensäure 8 Tage lang durch Wasser, worin Dioptas suspendirt war, geleitet wurde, reagirte Kaliumeisencyanür nicht im mindesten und auch nicht, als die Flüssigkeit 12 Tage lang im verschlossenen Gefäfse gestanden hatte. Erst nach einigen Wochen zeigte sich eine Reaction. Auch hier zeigten sich weifse Kieselsäure-Flöckchen in der Flüssigkeit. Es fanden sich in

75308 Th. Lösung 1 Th. Rückstand, bestehend aus

Kieselsäure	. .	0,17 [2])
Kupferoxyd	. .	0,83.

Aus diesen drei Versuchen ergiebt sich, dafs künstliches wie natürliches Kupferoxydsilicat durch Kohlensäure zersetzt wird[3]); denn die Zusammensetzung der Rückstände in C und D ist ganz verschieden von der der angewandten Kupferoxydsilicate. In C und D ist aber die Zusammensetzung für identisch zu nehmen, da die geringe Differenz zwischen beiden in der schwierigen Analyse so geringer Rückstände zu suchen ist. Reducirt man die Quantitäten der aufgelösten Kieselsäure auf gleiche Quantitäten kohlensauren Wassers: so erhält man

für B = 1, für C = 0,21, für D = 0,45 Kieselsäure.

Reducirt man gleichfalls die Quantitäten des aufgelösten Kupferoxyd auf gleiche Quantitäten kohlensauren Wassers: so erhält man

für B = 1, für C = 0,87, für D = 0,215 Kupferoxyd.

Die Mengen der aufgelösten Kieselsäure nehmen daher in sehr bedeutenden, die des aufgelösten Kupferoxyd in

---

1) Etwas eisenhaltig vom Eisengehalte im Kieselkupfer.

2) Etwas eisenhaltig.

3) Diese Zersetzung zeigt sich auch im Kupferblau aus den *Turjin*'schen Gruben am *Ural*; denn dasselbe braust mit Säuren, während das oben angeführte Kupferblau damit nicht braust (G. Rose).

weniger bedeutenden Verhältnissen ab. Noch auffallender tritt dies hervor, wenn man die so sehr verschiedenen Zeiten beachtet, innerhalb welcher die Auflösungen oder vielmehr die Zersetzungen der angewandten Kupferoxydsilicate stattfanden. Approximativ sind diese Zeiten

für B = 1, für C = 16, für D = 1008.

Diese aufserordentlichen Differenzen in den Quantitäten der aufgelösten Substanzen und in den Zeiten, die dazu erforderlich waren, können ihren Grund nur in den verschiedenen Aggregatzuständen und in den verschiedenen Modificationen der angewandten Kupferoxydsilicate haben. Das künstliche kieselsaure Kupferoxyd, ein chemischer Niederschlag, mithin in der feinsten Zertheilung, angewandt in noch feuchtem Zustande, befand sich in der löslichsten Modification; das Kieselkupfer und der Dioptas waren dagegen schon längst in die am wenigsten lösliche Modification übergegangen. Das Kieselkupfer ist amorph, der Dioptas aber krystallisirt; darin sind die bedeutenden Unterschiede in ihrer Zersetzbarkeit und in der Dauer derselben zu suchen. Da diese beiden Kupferoxydsilicate von den stärkeren Säuren leicht zersetzt werden: so ersieht man, dafs diese Zersetzbarkeit nicht ein Maafsstab für die Zersetzbarkeit durch die schwache Kohlensäure sein kann. Dies führt abermals auf überaus lange Zeiträume, welche zur Zersetzung der Mineralien und Gebirgsgesteine durch dieses so allgemeine Zersetzungsmittel erforderlich sind. Die Zersetzung des Dioptas durch kohlensaures Wasser zeigt aber, dafs kein Gestein, welches mit Kohlensäure verbindbare Basen enthält, auf die Dauer diesem Agens widerstehen kann.

Was das kohlensaure Wasser in diesen drei Versuchen aufgelöst hat, ist ohne Zweifel ein Gemeng aus kohlensaurem Kupferoxyd und Kieselsäure; denn die Menge der letzteren erreicht selbst in dem, von künstlichem Kupferoxydsilicat Aufgelösten noch lange nicht das Maximum der in Sauerquellen gefundenen Kieselsäure.

c. Kieselsaures Nickeloxyd künstlich dargestellt aus schwefelsaurem Nickeloxyd-Kali durch überschüssig zugesetztes kieselsaures Kali ist blafsgrün. In 59821 Th. reinen Wassers löste sich 1 Th. Silicat, welches aus 0,5 Th.

Nickeloxyd und 0,5 Th. Kieselsäure bestand. Als Kohlensäure drei Tage lang durch Wasser, worin das Silicat eingerührt war, geleitet, und die vom Rückstande abfiltrirte Flüssigkeit zur Trockne abgedampft wurde, blieb ein blafsgrüner Rückstand, der in der Kälte nicht, aber in der Wärme mit Salzsäure etwas brauste. In 10225 Th. kohlensaurem Wasser war 1 Th. aufgelöst, welcher aus 0,63 Nickeloxyd und 0,37 Kieselsäure bestand. Das kieselsaure Nickeloxyd wird also durch Kohlensäure zersetzt [1]).

d. Kieselsaures Silberoxyd in Wasser eingerührt und Kohlensäure 48 Stunden lang durchgeleitet, gab eine etwas schwärzliche Lösung, die jedoch ganz klar filtrirte. Nach dem Abdampfen, zuletzt bei gelinder Wärme, blieb ein dunkelbrauner Rückstand, der mit Salpetersäure stark brauste. Als sich kein Gas mehr entwickelte, wurde die Flüssigkeit gelinde erwärmt, wobei sich das Brausen wieder stärker einstellte. Unter der Voraussetzung, dafs das zersetzte Silicat als neutrales kohlensaures Silberoxyd gelöst war, ergibt sich für den Rückstand die Zusammensetzung kohlensaures Silberoxyd 0,88 und Kieselsäure 0,12 [2]), welcher in 5116 Th. kohlensauren Wassers aufgelöst war. Ob diese Kieselsäure als solche oder mit einem Theile Sil-

---

[1]) Da die Menge des Rückstandes (2,11 Gran) für die Bestimmung der Kohlensäure zu gering war: so läfst sich nicht angeben, wie viel Carbonat sich gebildet hatte. Hatte das in kohlensaurem Wasser gelöste kieselsaure Nickeloxyd noch dieselbe Zusammensetzung, wie das angewandte: so würde der Rückstand aus 0,74 Silicat und überschüssigem 0,26 Nickeloxyd bestanden haben. Es ist aber auch möglich, dafs in der Flüssigkeit blos kohlensaures Nickeloxyd und Kieselsäure, von dem zersetzten Silicat herrührend, vorhanden war. Das geringe Brausen des Rückstandes mit Salzsäure zeigt übrigens, dafs hier dasselbe wie bei der Zersetzung des kieselsauren Kupferoxyd durch Kohlensäure (S. 66) stattgefunden hat. Im kohlensauren Wasser war saures kohlensaures Nickeloxyd aufgelöst, durch das Abdampfen wurde aber die Kohlensäure durch das Wasser gröfstentheils fortgetrieben; der Rückstand war daher vielleicht nur ein Gemeng von viel Nickeloxydhydrat mit wenig Nickeloxydcarbonat und von freier Kieselsäure oder von noch unzersetztem Nickeloxydsilicat.

[2]) Die Kieselsäure scheint durch eine starke Verwandtschaft an das Silberoxyd gebunden zu sein; denn erst durch Digeriren mit Salpetersäure wurde alles Silber ausgezogen.

beroxyd verbunden war, läfst sich nicht entscheiden; jenes ist aber wahrscheinlicher als dieses, und in diesem Falle würde die Zersetzung des kieselsauren Silberoxyd vollständig gewesen sein.

36. Schwefelwasserstoff zersetzt die Silicate von Zink- und Bleioxyd, wenn sie im Wasser suspendirt sind, wobei sich Schwefelmetalle bilden und Kieselsäure ausgeschieden wird. Die Silicate von Kupfer-, Nickel- und Silberoxyd werden auf gleiche Weise durch Schwefelwasserstoff zersetzt, die gebildeten Schwefelmetalle lösen sich aber hierauf in Schwefelwasserstoff-Wasser auf, und erst nach längerer Zeit setzen sie sich in Folge der Verflüchtigung des Schwefelwasserstoff ab.

a. Kieselsaures Zinkoxyd wurde in Wasser eingerührt und Schwefelwasserstoff durchgeleitet; es entstand ein fleischfarbener Niederschlag. Der ausgewaschene Niederschlag hatte sich, nach dem Trocknen in der Luft, auf dem Filter in kleinen Partikelchen aufgerollt, in denen ein opalartiger Kern enthalten war, den eine bräunliche Kruste umgab. Verdünnte Schwefelsäure entwickelte aus dieser Kruste Schwefelwasserstoffgas. Kieselsaures Zinkoxyd wird daher durch Schwefelwasserstoff in Schwefelzink und Kieselsäure zersetzt, und beide sondern sich beim Trocknen von einander ab.

b. Künstliches kieselsaures Kupferoxyd in Wasser eingerührt und Schwefelwasserstoff durchgeleitet, wurde sogleich braun. Nachdem das Gas so lange durchgeleitet worden, bis die grünliche Färbung ganz verschwunden war, wurde filtrirt. Das Filtrat war braun und zeigte sich in einem, einige Zoll weiten Glas ganz undurchsichtig, in einem Probirröhrchen durchscheinend. Auf dem Filter blieb ein Rückstand, der nach dem Trocknen dunkelgrün war, und kleine, unregelmäfsige, weifse Parthien Kieselsäure eingeschlossen hielt. Als ein Theil der braunen Flüssigkeit mehrere Tage in einem offenen Gefäfse gestanden, und der Geruch nach Schwefelwasserstoff sich verloren hatte, war sie klar geworden, und filtrirte wasserhell; schwarzgrüne Flocken hatten sich abgesetzt. Ebenso verhielt sich diese Flüssigkeit, als sie 24 Stunden lang in der Sonnenwärme theilweise abgedampft wurde. Durch Abdampfen einer gröfse-

ren Menge bis zur Trockne blieb ein schmutzig weifser Rückstand, der aus Kieselsäure und Schwefelkupfer bestand. Als der freie Schwefelwasserstoff aus der Flüssigkeit durch eine Lösung von essigsaurem Bleioxyd gefällt wurde, filtrirte dieselbe ganz klar. Das kieselsaure Kupferoxyd ist demnach im Schwefelwasserstoff-Wasser nicht unbedeutend auflöslich.

Als der dunkelschwarzgrüne Absatz, welcher sich beim Durchleiten des Schwefelwasserstoff aus der braunen Flüssigkeit abgeschieden hatte, mit Salpetersäure behandelt wurde, blieb weifse Kieselsäure zurück. Durch die Loupe sah man, dafs das Schwefelkupfer mit der Kieselsäure nicht innig gemengt war, sondern dafs sich letztere in kleinen Pünktchen abgesondert hatte.

Kieselkupfer von *Tagilsk* fein zerrieben wurde in Wasser eingerührt und Schwefelwasserstoff durchgeleitet, bis die grüne Farbe verschwunden war. Die Flüssigkeit verhielt sich ebenso wie beim künstlichen kieselsauren Kupferoxyd. Sie war ebenso dunkelbraun gefärbt, und nachdem sie bis zum Sieden erhitzt und filtrirt worden, wurde ein noch dunkler grünes Filtrat erhalten, als das war, welches das künstliche kieselsaure Kupferoxyd gegeben hatte, und nach einiger Zeit setzte sich ein dunkelgrüner Niederschlag ab. Ammoniak färbte das Filtrat nicht blau. Kaliumeisencyanür konnte, der dunklen Farbe wegen, nicht reagiren. Auf dem Filter blieb ein dunkelgrüner Rückstand, der weniger betrug, als beim künstlichen kieselsauren Kupferoxyd.

Es ist auffallend, dafs sich die dunkelbraune Flüssigkeit von der Behandlung des Kieselkupfer mit Schwefelwasserstoff, selbst wenn sie einige Minuten lang gekocht wird, doch nicht ganz entfärbt, während sie, 24 Stunden lang in einem offenen Gefäfse der Sonnenwärme ausgesetzt, ganz farblos, und das Aufgelöste vollständig abgeschieden wird. Dasselbe zeigte sich, als die Flüssigkeit in einem offenen Gefäfse in gewöhnlicher Temperatur ungefähr 2 Wochen lang stehen blieb. Es entstand ein schwarzgrüner Niederschlag; Kaliumeisencyanür reagirte nicht auf das Filtrat und der Geruch nach Schwefelwasserstoff war ganz verschwunden. Der Schwefelwasserstoff entweicht

daher nicht beim kurzen Kochen, dagegen nach längerer Zeit schon in gewöhnlicher Temperatur. Im letzteren Falle wird aber eine sehr merkliche Menge Schwefelsäure gebildet.

Ein grofses Stück Kieselkupfer wurde in mit Schwefelwasserstoff gesättigtem Wasser in einem verschlossenen Gefäfse bald ganz schwarz, und am folgenden Tage war das Wasser milchig trübe geworden. Nach 14 Tagen schwebten unzählige weifse Flöckchen im Wasser, welches noch nach Schwefelwasserstoff roch. Dieser hatte daher einen Theil des Kieselkupfer zersetzt, die ausgeschiedene Kieselsäure hatte sich theils im Wasser gelöst, theils schwebte sie darin, theils bildete sie einen geringen Bodensatz.

Dioptas, gepülvert und geschlämmt, verhielt sich im Wasser suspendirt und mit Schwefelwasserstoff behandelt, wie gepülvertes Kieselkupfer. Dioptaskrystalle auf dieselbe Weise behandelt wurden nicht geschwärzt, und selbst nach 14 Tagen hatte sich noch ihre schöne grüne Farbe und ihr Glanz erhalten. Auf dem Boden und am Rande des Glases hatte sich jedoch eine äufserst dünne Lage eines weifsen Pulvers abgesetzt. Der Schwefelwasserstoff hatte daher gleichfalls etwas Kieselsäure ausgeschieden, aber auffallender Weise noch kein sichtbares Schwefelkupfer gebildet. Um die Einwirkung zu verstärken, wurde aufs neue Schwefelwasserstoff durch das Wasser geleitet und das Gefäfs wieder verschlossen. Nach 5 Tagen, mithin 19 Tage nach dem Anfange des Versuchs, wurden die Krystalle an einzelnen Stellen schwarz, und nach 42 Tagen waren sie ganz schwarz und zu einem gröblichen Pulver zerfallen. In einzelnen gröfseren Fragmenten zeigten sich noch hier und da grüne Stellen.

Kieselsaures Kupferoxyd, künstliches wie natürliches und letzteres sowohl in Pulverform als auch in ganzen Stücken oder in Krystallen wird daher von Schwefelwasserstoff vollständig zersetzt. Zwischen der Zersetzung des amorphen Kieselkupfer und der ganzen Dioptaskrystalle zeigte sich aber ein bedeutender Unterschied in der Zeit der Einwirkung.

c. Kieselsaures Nickeloxyd, künstliches in Wasser eingerührt und Schwefelwasserstoff durchgeleitet, wurde gleichfalls alsbald zersetzt und gab schwarze Flocken. Als

das Silicat über Nacht mit dem Schwefelwasserstoff-Wasser in Berührung geblieben war, hatte sich die ganze Menge desselben geschwärzt. Die Flüssigkeit klärte sich nicht, sondern blieb milchig; durch Filtriren wurde sie zwar ziemlich klar, sie war aber etwas bräunlich. Auch nach einigen Wochen hatte sie sich im verschlossenen Gefäfse noch nicht geklärt, sondern war sogar noch dunkler geworden, welches davon herrührte, dafs sie noch einen starken Schwefelwasserstoff-Geruch hatte, und dafs daher die Zersetzung des Silicat noch fortschreiten konnte. Die filtrirte Flüssigkeit war braun und milchig.

d. Kieselsaures Silberoxyd, künstliches, in Wasser eingerührt und Schwefelwasserstoff durchgeleitet, gab, wie die obigen Silicate, eine dunkelbraune Flüssigkeit, welche beim Ausgiefsen etwas milchig wurde. Als sie eine Zeit lang gekocht wurde, bis der Geruch nach Schwefelwasserstoff verschwunden war, filtrirte sie doch noch bräunlich ab. Salpetersäure zersetzte sie in der Kälte, die Flüssigkeit filtrirte dann ganz klar, wurde aber bald wieder milchig.

e. Kieselsaures Bleioxyd, künstliches, mit Schwefelwasserstoff behandelt, schwärzte sich, und wurde, wie wahrscheinlich alle kieselsauren Metalloxyde, dadurch zersetzt. Obgleich aber der Schwefelwasserstoff in der Flüssigkeit in grofsem Ueberschusse vorhanden war: so filtrirte sie doch ganz farblos. Schwefelwasserstoff-Wasser löst also kieselsaures Bleioxyd nicht auf.

37. Schwefelwasserstoff zersetzt die im Wasser suspendirten Carbonate von Kupfer-, Blei- und Silberoxyd, und selbst die Carbonate derjenigen Metalloxyde, welche dadurch aus ihren, im Wasser gelösten Verbindungen mit stärkeren Säuren nicht gefällt werden, wie die Carbonate von Eisen- und Manganoxydul, von Zink-, Nickel- und Kobaltoxyd.

38. Natronsilicat wird durch kohlensaures Kali zersetzt, Kalisilicat und kohlensaures Natron werden gebildet. Giefst man wässrige Lösungen von einfach kieselsaurem Natron und einfach kohlensaurem Kali zusammen, dampft man die Flüssigkeit zur Trockne ab und setzt Alkohol zur trocknen Masse: so löst dieser nichts vom kohlensauren Alkali auf; er entzieht aber dem kieselsauren Alkali einen

Theil des Alkali, indem sich ein saures Silicat abscheidet. Dampft man den abfiltrirten Alkohol zur Trockne ab, neutralisirt man das zurückbleibende Alkali mit Salzsäure und setzt Platinauflösung und Alkohol zu: so fällt Kaliumplatinchlorid nieder; das kohlensaure Kali hatte daher das Natronsilicat zersetzt. Der von der Behandlung mit Alkohol übrig gebliebene, aus kohlensauren und kieselsauren Alkalien bestehende Rückstand in Wasser gelöst giebt keine klare Lösung: zum Beweise, dafs ein saures Silicat entstanden war.

39. Kieselsaure Alkalien in wässriger Lösung extrahiren geringe Mengen Thonerde aus kieselsaurer Thonerde.

Als 100 Th. künstlich dargestelltes einfach kieselsaures Natron (im wasserfreien Zustande berechnet), in der 11,5fachen Menge Wasser gelöst, mit künstlich dargestellter wasserhaltiger kieselsaurer Thonerde, in gelinder Wärme bis zur Trockne digerirt, und hierauf die trockne Masse mit kaltem Wasser ausgelaugt wurde, bis sich nichts mehr auflöste, fanden sich in dieser Flüssigkeit 0,55 Th. Thonerde, aufgelöst. War die Thonerde als Silicat aufgelöst: so betrug die Menge desselben 2,0 Th. Ob dies der Fall war, ist nicht ermittelt worden.

100 Th. kieselsaures Kali, in der 3,4fachen Menge Wasser aufgelöst, wurden mit 16 Th. kieselsaurer Thonerde (beide Silicate im wasserfreien Zustande berechnet) gelinde erwärmt, wodurch letztere vollkommen aufgelöst wurde. Als aber Wasser zugesetzt wurde, schied sich wieder kieselsaure Thonerde aus, die sich auch nach anhaltendem Sieden der Flüssigkeit nicht mehr auflöste. Der Rückstand wurde nun so lange mit kaltem Wasser ausgelaugt, als noch etwas aufgenommen wurde. In dieser Lösung fanden sich 0,62 p. C. Thonerde.

Der zweite Versuch zeigt, dafs kieselsaure Thonerde von einer concentrirten Lösung von kieselsaurem Kali in gelinderer Wärme mehr, als von einer kalten und verdünnten Lösung aufgelöst wird.

Als eine Lösung von kieselsaurem Natron mit kieselsaurer Thonerde in gewöhnlicher Temperatur 4 Tage gestanden hatte, konnte in der abfiltrirten Flüssigkeit keine Thonerde aufgefunden werden. Eine Spur von Natron im

Rückstande mag von unvollkommenem Auswaschen hergerührt haben.

Sollte eine Zersetzung, die sich beim Abdampfen in gelinder Wärme so deutlich gezeigt hat, in gewöhnlicher Temperatur und ohne vorhergegangenes Abdampfen ganz Null sein? — Es ist nicht zu übersehen, dafs Ammoniak, womit in letzterem Versuche auf Thonerde geprüft wurde, sehr geringe Mengen der letzteren nicht mehr anzeigt.

Eine Lösung von kohlensaurem Kali, selbst in der Siedhitze mit kieselsaurer Thonerde behandelt, löst auch nicht eine Spur von letzterer auf. Die in Gewässern gelösten kohlensauren Alkalien können also nicht dieselbe Wirkung wie kieselsaure Alkalien hervorbringen.

Eine Lösung von kieselsaurem Natron löst nach längerer Zeit und schon in der Kälte eine nicht unbedeutende Menge Thonerdehydrat auf. Als diese Auflösung in ganz gelinder Wärme eingetrocknet wurde, blieben sehr dünne Prismen zurück, welche sternförmig gruppirt waren.

40. Kalksilicate werden durch schwefelsaure Magnesia zersetzt; Magnesiasilicate und schwefelsaurer Kalk werden gebildet. Man nimmt diese Zersetzung sehr deutlich wahr, wenn man künstliches Kalksilicat in siedendem Wasser auflöst, und eine concentrirte Lösung von schwefelsaurer Magnesia zusetzt: die Flüssigkeit trübt sich bald und nach einiger Zeit fällt das Magnesiasilicat in weifsen Flocken nieder. Eine kalte Lösung wurde nicht getrübt; obgleich das Magnesiasilicat schwerlöslicher als das Kalksilicat ist. Da indefs jedes dieser Silicate unter verschiedenen Umständen sehr ungleiche Mengen Wasser zur Lösung fordert, so mag das Kalksilicat in der Lösung das Maximum der Löslichkeit des Magnesiasilicat nicht überschritten, letzteres demnach eine zu seiner Lösung hinreichende Menge Wasser vorgefunden haben. Dazu kommt, dafs die Silicate überhaupt im statu nascenti viel leichter löslich sind, als nach ihrer Bildung, wo sie schon theilweise in die unlösliche Modification übergegangen sind.

Um bei Anstellung dieses Versuchs jeder Täuschung auszuweichen, mufs man von der Reinheit des angewendeten Kalksilicat versichert sein. Es wurde durch Fällung von Chlorcalcium mittelst überschüssig zugesetztem kiesel-

saurem Natron dargestellt, und der Niederschlag so lange ausgewaschen, bis er sich bedeutend vermindert hatte. Ich konnte nun versichert sein, dafs die beiden leichtlöslichen Salze, das überschüssig zugesetzte kieselsaure Natron und das entstandene Chlornatrium, vollkommen weggewaschen worden waren. Das auf diese Weise dargestellte Kalksilicat reagirt in wässriger Lösung alkalisch: rothes Lackmuspapier bläuet es vollkommen.

41. Kalksilicate werden gleichfalls durch Chlormagnesium zersetzt; Magnesiasilicate und Chlorcalcium werden gebildet.

Man nimmt diese Zersetzung unter gleichen Umständen wie die vorhergehende wahr. Die Trübung zeigte sich jedoch später, war schwächer, und nach einigen Tagen entstand ein Niederschlag.

Eine in der Siedhitze dargestellte Lösung des zu diesen Versuchen verwendeten Kalksilicat, welche eben so lange stehen blieb, trübte sich nicht im mindesten; die durch schwefelsaure Magnesia und durch Chlormagnesium erhaltenen Trübungen konnten daher nur von entstandenem Magnesiasilicat herrühren. Die Ursache, warum die Trübung durch Chlormagnesium viel schwächer als die durch schwefelsaure Magnesia war, mag darin liegen, dafs dasselbe Kalksilicat zur Darstellung der beiden Lösungen gedient hatte, dafs es aber vor seiner Anwendung zur Zersetzung durch Chlormagnesium einige Tage gelegen hatte und trocken geworden, mithin schon in die schwerlösliche Modification übergegangen war.

42. Eisenoxydsilicat wird durch schwefelsaure Magnesia und durch Chlormagnesium nicht zersetzt. Das Eisenoxydsilicat wurde aus einer Lösung von Eisenchlorid durch überschüssig zugesetztes Natronsilicat gefällt und der Niederschlag so lange ausgewaschen, als salpetersaures Silberoxyd noch reagirte. Es war wenigstens, als dieses Eisenoxydsilicat mit Lösungen von schwefelsaurer Magnesia und von Chlormagnesium 24 Stunden lang in gelinder Wärme digerirt wurde, in den abfiltrirten Flüssigkeiten keine Spur aufgelöster Eisenoxydsalze zu entdecken.

Diese Versuche zeigten auch die grofse Schwerlöslichkeit des Eisenoxydsilicat.

43. Thonerdesilicate werden durch Chlorcalcium oder durch schwefelsauren Kalk zersetzt. Kalksilicate und schwefelsaure Thonerde oder Chloraluminium werden gebildet.

Als künstlich dargestelltes reines Thonerdesilicat mit einer Lösung von Chlorcalcium bei sehr gelinder Wärme digerirt wurde, trübte Ammoniak die abfiltrirte Flüssigkeit, und bald hierauf fiel Thonerde nieder. Der Rückstand wurde ausgewaschen, bis salpetersaures Silberoxyd nicht mehr trübte, und hierauf mit Salzsäure digerirt. Nachdem aus der abfiltrirten Flüssigkeit die Thonerde durch Ammoniak niedergeschlagen worden, wurde sie durch oxalsaures Ammoniak stark getrübt. Das Thonerdesilicat war demnach durch Chlorcalcium theilweise zersetzt, und Chloraluminium und Kalksilicat gebildet worden.

Als das Thonerdesilicat mit einer Lösung von schwefelsaurem Kalk digerirt wurde, bildete sich gleichfalls Kalksilicat.

Diese Versuche wurden auch mit natürlichem Thonerdesilicat, Thon aus der Braunkohlenformation, welcher sorgfältigst ausgewaschen worden war, vorgenommen. So viel stellte sich heraus, daſs künstliches Thonerdesilicat leichter und in gröſserer Menge, als natürliches zersetzt wird. Hier, wie bei allen Silicaten, zeigt sich, wie dieselben mit zunehmendem Alter immer unlöslicher und schwieriger zersetzbar werden. Eine lang anhaltende Einwirkung der Kalksalze auf Thonerdesilicate scheint den Grad der Zersetzung nicht zu erhöhen.

44. Thonerdesilicate werden durch Chlormagnesium oder durch schwefelsaure Magnesia zersetzt: Magnesiasilicate und Chloraluminium oder schwefelsaure Thonerde werden gebildet. Die Versuche wurden auf gleiche Weise und mit denselben Cautelen wie die vorhergehenden mit Kalksalzen vorgenommen, und stellten die Zersetzung des künstlichen wie des natürlichen Thonerdesilicat durch Chlormagnesium und durch schwefelsaure Magnesia auſser Zweifel.

45. Kohlensaurer Kalk zersetzt Chloraluminium in wässriger Lösung: Thonerdehydrat fällt unter Entwicklung von Kohlensäure nieder, und Chlorcalcium bleibt in der Lösung [1]).

[1]) Fuchs in Jahrbuch für Chemie V. 62. p. 190.

Es war zu erwarten, daſs eine wässrige Lösung von Kalkbicarbonat dieselbe Fällung bewirken werde. Auf eine nette Weise kann man dies wahrnehmen, wenn man in eine solche Lösung einen Alaunkrystall hängt. Sogleich steigen von den Ecken und Kanten des Krystalls Gasbläschen auf, die unter demselben befindliche Flüssigkeit trübt sich, und Thonerdehydrat setzt sich ab. Da der entstehende schwefelsaure Kalk kaum halb so viel Wasser zur Lösung fordert, als das Kalkbicarbonat: so bleibt er in Lösung.

46. Magnesiabicarbonat wird durch Kalisilicate zersetzt. Zu einer gesättigten wässrigen Lösung von Magnesiabicarbonat setzte ich eine mit Kieselsäure gesättigte Kalilauge. Nach einiger Zeit trübte sich die Flüssigkeit etwas; es schied sich aber nichts ab. Deſshalb setzte ich etwas Alkohol dazu, obgleich ich besorgen muſste, daſs dann durch Zersetzung des kieselsauren Kali etwas freie Kieselsäure niederfallen würde. Was ich aber erwartete, daſs nämlich diese Kieselsäure das Magnesiasilicat, wenn es sich gebildet haben sollte, mit niederschlagen würde, wurde erreicht; denn es schieden sich bald weiſse Flocken ab. Sie wurden auf dem Filter gesammelt, mit Wasser ausgewaschen, in der Siedhitze des Wassers getrocknet, und gelinde erhitzt, wobei sich Wasser entwickelte. Das Wasser wurde nicht direct bestimmt, aus Besorgniſs, daſs sich mit demselben etwas Kohlensäure entwickeln könnte, wenn vielleicht kohlensaure Magnesia vorhanden gewesen wäre. Beim Zusatz von verdünnter Schwefelsäure entwickelte sich aber nicht eine Spur von Kohlensäure; kohlensaure Magnesia war also nicht vorhanden. Nach dem Abdampfen zur Trockne und nach Verflüchtigung der überschüssigen Schwefelsäure mittelst Ammoniak wurde der Rückstand wieder in Wasser aufgeweicht, die rückständige Kieselsäure ausgewaschen und aus dem Filtrat die Magnesia durch basisch phosphorsaures Ammoniak gefällt. Die Zusammensetzung des Niederschlags war:

Kieselsäure	55,52
Magnesia	3,15
Wasser aus dem Verluste bestimmt	41,33
	100,00

Er kann daher für ein Gemeng aus 9,69 % Speckstein und 90,31 % Kieselsäure, welche durch den Alkohol niedergeschlagen wurde, gehalten werden. Die Zersetzung des Magnesiabicarbonat durch kieselsaures Kali ist hierdurch vollständig erwiesen. Es ist daher nicht zu bezweifeln, dafs ebenso die kieselsauren Alkalien des Feldspath, wenn derselbe während langer geologischer Perioden immerfort mit Gewässern, welche Magnesiabicarbonat enthalten, in Berührung kommt, in kieselsaure Magnesia umgewandelt und die kohlensauren Alkalien durch sie fortgeführt werden.

47. Eisenoxydulbicarbonat wird durch alkalische Silicate zersetzt; Eisenoxydulsilicat und kohlensaure Alkalien werden gebildet.

Als ich zu einer concentrirten Lösung von Eisenoxydulbicarbonat eine verdünnte Lösung von kieselsaurem Kali setzte, färbte sich die Flüssigkeit grün, welches beweist, dafs eine Zersetzung wirklich eingetreten war. Bald ging aber die Farbe in gelblichgrün über, und nach mehreren Tagen war die grüne Nüance ganz verschwunden. Es zeigt sich also hier dieselbe Farbenveränderung wie bei den durch kieselsaures Eisenoxydul grün gefärbten Gesteinen, wenn das Oxydul nach und nach in Eisenoxydhydrat übergeht. Ammoniak zur Lösung des Eisenoxydulbicarbonat gesetzt, bewirkte eine schwach grünliche Färbung die aber bald in das Ocherbraune überging, während sich dann Eisenoxydhydrat absetzte. Kaliumeisencyanür bewirkte in dieser Lösung eine fast weifse und nur etwas in's Blaue schimmernde Färbung, die aber bald in blau überging und woraus sich dann Berlinerblau absetzte. Vergleicht man diese Reactionen mit der des kieselsauren Kali auf eine Lösung von Eisenoxydulbicarbonat: so kann man der Vermuthung nicht weiter Raum geben, dafs die dadurch verursachte grüne Färbung von freiem Kali im kieselsauren Kali herrühren könnte; denn beim Zusatze dieses Silicat zur Lösung des Eisenoxydulbicarbonat erhielt sich die grüne Farbe in den unteren Schichten der Flüssigkeit viel länger, als unter denselben Umständen beim Zusatze von freiem Alkali zu dieser Lösung, und selbst nach 12 Tagen war jene Flüssigkeit noch fast ganz klar, und nur

einige unbedeutende ocherbraune Flocken hatten sich ausgeschieden. Es ist daher sehr wahrscheinlich, dafs kieselsaures Kali das Eisenoxydulbicarbonat wirklich in kieselsaures Eisenoxydul umwandelt. Damit ist in Uebereinstimmung, dafs auch die Grünerde in den sedimentären Formationen der oxydirenden Wirkung der Luft so hartnäckig widersteht und ihre grüne Farbe so sehr conservirt (Kap. XXV, einfache Silicate). Da die Lösung des Eisendulbicarbonat, zu der kieselsaures Kali gesetzt wurde, so lange klar blieb, während sich aus derselben Lösung beim Zusatze von Ammoniak und von Kaliumeisencyanür so schnell Niederschläge absetzten: so zeigt dies, dafs kieselsaures Eisenoxydul weniger schwerlöslich im Wasser ist, als Eisenoxydhydrat und Berlinerblau. Dieser Umstand macht aber den Absatz der Grünerde aus Gewässern in Drusenräumen (ibid.) sehr leicht begreiflich.

48. Eisenoxydhydrat wirkt zersetzend auf Natronsilicat.

Eisenoxydhydrat, auf welches eine Lösung von Natronsilicat gegossen wurde, blieb 3 Tage lang in gewöhnlicher Temperatur stehen. Als die Flüssigkeit abfiltrirt wurde, waren die ersten Tropfen wasserklar; bald färbte sich aber das Filtrat bräunlichgelb. Beim Auswaschen zeigte sich diese Erscheinung fortwährend; zuletzt blieb jedoch die abfiltrirende Flüssigkeit klar, wenn das Auswaschen ununterbrochen fortgesetzt wurde. Wurde dagegen während der Nacht der Rückstand auf dem Filter trocken, und dann am folgenden Tage das Auswaschen fortgesetzt: so bräunte sich Anfangs die abfiltrirende Flüssigkeit wieder. Dies wiederholte sich mehrmals; als aber die Uhrglas-Probe nichts mehr anzeigte, wurde das Auswaschen nicht weiter fortgesetzt. Der Rückstand hatte die Zusammensetzung I.

Als ein Theil der von diesem Rückstande abfiltrirten Flüssigkeit zur Trockne abgedampft wurde, blieb eine bräunlich gelbe Masse zurück, welche mit Wasser aufgeweicht gröfstentheils auf demselben schwamm.

Beim Filtriren dieser Flüssigkeit zeigte sich abermals das Bräunen der wasserklaren Tropfen, als sie sich im Glase angesammelt hatten.

Da auf diese Weise keine Abscheidung des Eisens

von der, das Natronsilicat enthaltenden Flüssigkeit zu erreichen war: so wurde das Ganze mit Salzsäure behandelt, wobei ein starkes Brausen eintrat; das Natron hatte daher während des Abdampfens Kohlensäure angezogen. Obgleich die rückständige Kieselsäure wiederholt mit Salzsäure digerirt wurde: so konnte sie doch nicht ganz entfärbt werden. Nach fortgesetztem Auswaschen, Trocknen und Glühen erschien sie nur sehr wenig grau; etwas eisenhaltig war sie daher immer noch. Ihre Menge betrug 49,62 %.

Aus der von dieser Kieselsäure abfiltrirten gelblichen Flüssigkeit, welche durch Abdampfen concentrirt wurde, fällte Ammoniak einen hellbraunen Niederschlag, welcher die Zusammensetzung II hatte.

Die von diesem Niederschlage abfiltrirte Flüssigkeit wurde abermals zur Trockne abgedampft. Nach Behandeln der trocknen Masse mit Wasser, blieb ein dunkelbrauner Rückstand, welcher die Zusammensetzung III hatte.

Die von diesem Rückstande abfiltrirte Flüssigkeit hatte die Zusammensetzung IV, nachdem das darin enthaltene Chlornatrium auf Natron reducirt worden war. Nachstehende Resultate sind auf 100 Th. des angewandten Eisenoxyd + Natronsilicat reducirt worden.

	I.	II.	III.		IV.		Summe.
Kieselsäure	0,98 %	0,33 %	0,57	etwas eisenhaltig	49,62	=	51,50
Natron	—	—	—		44,32	=	44,32
Eisenoxyd	3,84	0,26	0,08		—	=	4,18
	4,82	0,59	0,65		93,94	=	100,00

Es hatten mithin 4,18 Th. Eisenoxyd und 95,82 Th. Natronsilicat auf einander gewirkt. Aus diesen Versuchen ergibt sich, dafs Eisenoxydhydrat in gewöhnlicher Temperatur kieselsaures Natron zersetzt, und kieselsaures Eisenoxyd gebildet wird. Ob eine vollständige Zersetzung stattfinden kann, und wie viel Eisenoxydhydrat dann erforderlich ist, bleibt weiteren Versuchen vorbehalten; hier genügt es, die Zersetzung überhaupt dargethan zu haben.

Der Sauerstoffquotient [1]) des Silicat I ist = 2,261, der von II = 0,455 und der von III = 0,08. Das überba-

[1]) Wir nennen Sauerstoffquotienten den Quotienten, welcher durch Division des Sauerstoff der Kieselsäure in die Summe der Sauerstoffantheile der Basen erhalten wird.

sische Silicat I zerfiel daher theilweise in ein weniger basisches Silicat II und in ein übersaures III, wovon sich II in der sauren Flüssigkeit, und III im Abwaschewasser auflösten; der Rest von I aber zurückblieb. Was die Ursache der Bräunung und der damit verknüpften Ausscheidung des aufgelösten Silicat war, habe ich nicht ermittelt. An die Gegenwart von Eisenoxydulsilicat, welches sich nach höherer Oxydation hätte abscheiden können, ist nicht zu denken, und damit ist auch die oben angeführte Erscheinung, dafs nach langer Unterbrechung des Auswaschens die Bräunung der abfiltrirenden Flüssigkeit abermals eintrat, nicht zu einigen; denn der auf dem Filter mit der Luft in Berührung gestandene feuchte Rückstand hätte ja Gelegenheit genug gehabt sich höher zu oxydiren, wenn Eisenoxydulsilicat vorhanden gewesen wäre. Dazu kommt noch, dafs die von dem Silicat I abfiltrirte Flüssigkeit nach dem Abdampfen zur Trockne, und nach abermaliger Behandlung mit Wasser wieder dieselbe Bräunung wahrnehmen liefs; denn während so lange fortgesetzter Erhitzung würde sich die vorhanden gewesene geringe Menge von Eisenoxydulsilicaten unfehlbar vollständig oxydirt haben [1]).

Es ist nicht unwahrscheinlich, dafs die nicht unbedeutende Menge Eisenoxydsilicat III, welche das Ammoniak nicht niedergeschlagen hatte, von der beträchtlichen Menge des in der Flüssigkeit aufgelösten kieselsauren Natron in Auflösung gehalten worden war.

Der Umstand, dafs die durch Zersetzung des Natronsilicat mittelst Eisenoxydhydrat entstandenen Eisenoxydsilicate alle Phasen der vorgenommenen Scheidungs-Pro-

---

[1]) Für die geologischen Zwecke, wegen welcher diese Versuche angestellt wurden, schien es wenig Bedeutung zu haben, sie zur Ermittelung der Ursache dieser sonderbaren Erscheinungen weiter zu verfolgen. Sollte freilich, wie man vermuthen möchte, ein Wechsel in den isomerischen Modificationen der Eisenoxydsilicate durch unbekannte Umstände bald eine gröfsere, bald eine geringere Löslichkeit herbeiführen: so würde dieser Gegenstand in Beziehung auf Absätze dieser Silicate aus Gewässern eine geologische Bedeutung gewinnen können. Jedenfalls ist eine weitere Verfolgung dieser Versuche, wenn auch nur in chemischer Hinsicht zu wünschen.

cesse durchlaufen, ist von besonderem Interesse. Es läfst sich dieses nur aus der grofsen Verwandtschaft erklären, welche Kieselsäure und Eisenoxyd zu einander haben. Die drei Silicate, welche bei vorstehenden Zersetzungsprocessen erhalten wurden, widerstanden hartnäckig der Zersetzung durch Salzsäure. Das Silicat III konnte dadurch selbst nach 48stündigem Digeriren nicht vollständig zersetzt werden; nur durch Flufssäure gelang die vollständige Zersetzung.

Es sind dies ähnliche Erscheinungen wie sie sich bei der Analyse sehr eisenreicher Mineralien zeigen. Die ausgeschiedene Kieselsäure ist in der Regel gelblich, selbst röthlich gefärbt, und erst durch wiederholtes Digeriren mit Salzsäure wird sie weifs, und doch bleiben noch wenigstens Spuren von Eisenoxyd nach Verflüchtigung der Kieselsäure durch Flufssäure zurück. Es würde ungereimt sein annehmen zu wollen, dieses Eisenoxyd sei blos mit der Kieselsäure gemengt: es mufs als Eisenoxydsilicat vorhanden sein; denn dieses widersteht hartnäckig der Zersetzung durch Salzsäure.

Prüft man das bei chemischen Analysen eisenreicher Mineralien niedergeschlagene Eisenoxyd: so findet man in demselben einen meist wägbaren Kieselsäuregehalt. Ebenso enthält die ausgeschiedene Kalkerde und Magnesia geringe Mengen eisenhaltiger Kieselsäure und solche finden sich auch in der von der phosphorsauren Magnesia abfiltrirten Flüssigkeit, wenn man sie zur Trockne abdampft. Alle bei der Analyse sehr eisenreicher Mineralien vorgenommenen Scheidungsprocesse sind also nicht im Stande eine völlige Zerlegung ihrer Eisensilicate zu bewirken.

Alle diese Erscheinungen zeigen die grofse Verwandtschaft, welche Kieselsäure und die Oxyde des Eisen zu einander haben, und diese Verwandtschaft erklärt auch die wichtige Rolle, welche die Eisenoxydsilicate bei metamorphischen Processen spielen. Da kaum jemals durch Gesteine Gewässer filtriren, welche nicht kohlensaures Eisenoxydul aufgelöst enthalten, und dieses so leicht in Eisenoxydhydrat übergeht: so sind die Bedingungen zu Processen, in denen diese Substanz zersetzend wirkt, überall gegeben. Die vorstehenden Versuche zeigen aber,

dafs unter gewissen noch nicht genau erforschten Bedingungen auch Eisenoxydsilicat und ohne Zweifel eben so Eisenoxydulsilicat in nicht unbedeutenden Quantitäten von den Gewässern aufgelöst und fortgeführt werden können.

Der letztere Umstand erklärt das so häufige Vorkommen der Grünerde und des Glaukonit im Mineralreiche, und die so äufserst schwierige Zersetzbarkeit des künstlichen Eisenoxydsilicat findet ihre Analogie in der eben so schwierigen Zersetzbarkeit der Grünerde, welche weder vor noch nach dem Glühen von Säuren angegriffen wird. Damit ist auch in Uebereinstimmung die grofse Unveränderlichkeit, welche dieses Mineral vor den meisten anderen auszeichnet.

49. Eisenoxydhydrat wirkt zersetzend auf Thonerdesilicat ein.

Die Schwerlöslichkeit des Eisenoxydsilicat und die Leichtlöslichkeit des Thonerdesilicat so wie des Eisenoxydhydrat in Salzsäure, wenn letztere frisch gefällt angewendet werden, bietet ein bequemes Mittel dar, eine solche Einwirkung nachzuweisen.

Gleiche Volumina sorgfältigst ausgewaschenen Thonerdesilicats und Eisenoxydhydrats, im breiartigen Zustande, wurden in gleiche Quantitäten Wasser eingerührt: ersteres forderte 120 Gr., letzteres 360 Gr. Salzsäure zur vollständigen Auflösung. Hierauf wurden dieselben Quantitäten Thonerdesilicat, Eisenoxydhydrat und Wasser zusammengebracht, gut unter einander gerührt, 48 Stunden lang in gelinder Wärme digerirt, und dann 480 Gr. Salzsäure von derselben Stärke, wie die oben angewandte, zugesetzt. Es erfolgte keine vollständige Auflösung, sondern eine rothbraune Masse blieb zurück [1]). Da die zugesetzte Säure hinreichend gewesen wäre zur vollständigen Auflösung des Eisenoxydhydrat und des Thonerdesilicat, wenn beide im noch ganz unveränderten Zustande vorhanden gewesen wären: so liefs jener Rückstand auf

[1]) Bei einem früheren Versuche wurde nur 24 Stunden lang digerirt; es zeigten sich dieselben Erscheinungen; der Rückstand betrug aber so wenig, dafs er nicht vom Filter abgenommen werden konnte.

eine eingetretene Veränderung schliefsen. Als die Flüssigkeit filtrirt wurde, waren die ersten Tropfen fast farblos; bald färbten sie sich aber schwach gelblich, und dieselbe Farbe nahm die später abfiltrirende Flüssigkeit an. Die ganze Flüssigkeit hatte nun eine schwach gelbe Farbe wie junger Moselwein. Als dagegen der Rückstand auf dem Filter sorgfältigst ausgewaschen und das Abwaschewasser abgesondert gesammelt wurde, erschien dasselbe mit einer dunkel röthlich gelben Farbe, welche noch intensiver wie Madeira-Wein war, und der Rückstand hatte sich sehr bedeutend vermindert. Nachdem die weingelbe Flüssigkeit I so wie die röthlichgelbe Flüssigkeit II zur Trockne abgedampft worden, wurden beide Rückstände und der Rückstand auf dem Filter III analysirt.

	I.	II.	III.		
Kieselsäure	14,86	0,87	0,20	=	15,93
Thonerde	13,13	4,76	0,20	=	18,09
Eisenoxyd	44,88	17,46	3,64	=	65,98
	72,87	23,09	4,04		100,00

Die ganz ungleichartige Zusammensetzung von I und II zeigt, dafs das, was sich in der sauren Flüssigkeit aufgelöst hatte, ganz verschieden von dem war, was das Abwaschewasser aufgenommen hatte. Während die Kieselsäure in I etwas mehr beträgt als die Thonerde, sinkt erstere in II bis fast auf $\frac{1}{6}$ von letzterer herab.

Der Sauerstoffquotient des Thonerdesilicat, welches zum Versuche angewandt wurde, war nahe = 1. II und III sind unstreitig Doppelsilicate; denn in II, welches vom Wasser extrahirt wurde, können die unlöslichen Basen nur durch Verbindung mit Kieselsäure löslich geworden sein, und in III mufste das Eisenoxyd gleichfalls mit Kieselsäure verbunden gewesen sein, weil es sonst der Auflösung durch Salzsäure nicht hätte widerstehen können. In I war ohne Zweifel freies Eisenoxyd enthalten, welches von dieser Säure aufgelöst wurde. Ob ein Theil dieses Oxyd an Kieselsäure gebunden war, läfst sich nicht entscheiden; daran ist indefs wohl nicht zu zweifeln.

Merkwürdig ist, dafs eine so geringe Menge Kieselsäure, wie in II, mit Thonerde und Eisenoxyd ein im Wasser lösliches Silicat gebildet hat. Nimmt man es für ein Dop-

pelsilicat: so ergibt sich der ungewöhnlich hohe Sauerstoffquotient = 15,6. Der Sauerstoffquotient des unlöslichen Thonerde-Eisenoxydsilicat ist = 11,4.

Aus diesen Versuchen ergibt sich, dafs Eisenoxydhydrat in der Art zersetzend auf Thonerdesilicat wirkt, dafs sich beide Basen in die Kieselsäure theilen und ein Doppelsilicat bilden. In Betreff der auffallenden Erscheinung, dafs die saure Auflösung I, obgleich sie 2,6 Mal so viel Eisenoxyd als die wässrige Auflösung II enthielt, eine blafsgelbe, letztere aber eine dunkelröthlichgelbe Farbe hatte, kann man nur die Vermuthung wagen, dafs nach der Einwirkung der Salzsäure ein überbasisches Silicat von Eisenoxyd und Thonerde zurückgeblieben war, welches sich nicht in der sauren Flüssigkeit, wohl aber grofsentheils im Abwaschewasser auflöste, und dafs von diesem Silicat die dunkle Farbe der Flüssigkeit II herrührte.

Wenn daher Mineralien, Thonerdesilicate enthaltend, mit Gewässern in Berührung kommen, in denen wie in den meisten Fällen, Eisenoxydulbicarbonat aufgelöst ist: so ist durch Umwandlung desselben in Eisenoxydhydrat die Bedingung gegeben, dafs solche Mineralien Eisenoxyd aufnehmen, ohne dafs sich die Menge der Kieselsäure vermehrt. Da Doppelsilicate von Thonerde und Eisenoxyd, wie II, ziemlich löslich im Wasser sind: so kann es auch geschehen, dafs ein Theil der Thonerde als ein solches überbasisches Silicat von den Gewässern fortgeführt wird, in welchem Falle die Kieselsäure ein wenig abnimmt.

Um das Verhalten einer Lösung von Eisenoxydulbicarbonat zu Thonerdesilicat kennen zu lernen, wurden zu 70 Unzen einer solchen künstlich dargestellten, gesättigten und bei abgehaltener Luft filtrirten Lösung künstlich dargestelltes Thonerdesilicat im breiartigen Zustande gesetzt, und die Flasche gut verschlossen. Gasbläschen stiegen nicht vom Thonerdesilicat auf, und es zeigte sich überhaupt keine Veränderung. Nach zwei Tagen hatte sich auf Kosten einer geringen Menge in der Flasche zurückgebliebener atmosphärischer Luft etwas Eisenoxydhydrat auf das Thonerdesilicat abgesetzt. Obgleich die Flasche während der ganzen Dauer des Versuchs verschlossen blieb:

so schied sich doch fortwährend Eisenoxydhydrat ab, und legte sich zum Theil an die Wände der Flasche an.

Als nach 26 Tagen die Flüssigkeit filtrirt und das Filtrat bis zur Trockne abgedampft wurde, schied sich wiederum Eisenoxydhydrat ab. Dasselbe enthielt etwas Kieselsäure. Eben so enthielt das an den Wänden der Flasche fest adhärirende Eisenoxydhydrat, welches nur mit Salzsäure herausgespült werden konnte, etwas Kieselsäure. Der auf dem Filter gesammelte Absatz aus der Flasche wurde mit sehr verdünnter Salzsäure so lange behandelt, als in der abfiltrirten Flüssigkeit neben Eisenoxyd noch Thonerde zu erkennen war. Dadurch suchte ich zu erreichen, dafs das Thonerdesilicat und Eisenoxydhydrat ausgezogen wurden und etwa gebildetes Eisenoxydsilicat zurückbleiben möchte. Wirklich blieb ein brauner Rückstand, der das Ansehen von Eisenoxydsilicat hatte, und sich nur nach wiederholtem Behandeln mit kochender Salzsäure auflöste. Nach dem Abdampfen bis zur Trockne schieden sich auch 0,20 Gran Kieselsäure ab.

Diese Versuche waren, wegen der geringen Mengen dieser drei Absätze, mit vielen Schwierigkeiten verknüpft. Die geringe Menge der im Rückstande nach dem Abdampfen der Flüssigkeit gefundenen Kieselsäure konnte von dem in ihr aufgelöst gewesenen Thonerdesilicat herrühren; denn künstlich dargestelltes Thonerdesilicat ist im Wasser nicht unlöslich. Jedoch die im Absatze gefundene Kieselsäure konnte nur von Eisenoxydsilicat, welches sich aus dem aufgelösten Eisenoxydulbicarbonat auf Kosten eines Antheils Kieselsäure im Thonerdesilicat gebildet hatte, herrühren.

Combiniren wir diese Versuche mit den vorhergehenden: so kann es nicht zweifelhaft bleiben, dafs auch das Eisenoxydulbicarbonat dem Thonerdesilicat Kieselsäure zu entziehen im Stande ist, sei es dafs sich anfangs Eisenoxydulsilicat bildet, welches später in Eisenoxydsilicat übergeht, oder dafs das aus dem Eisenoxydulbicarbonat entstandene Eisenoxydhydrat diese Zersetzung bewirkt.

Konnte auch nicht durch das Experiment entschieden werden, ob eine Verdrängung der Thonerde durch Eisenoxydhydrat stattgefunden habe: so machen es doch die im Mineral-

reiche vor sich gehenden Processe, namentlich die Zersetzungen des Wernerit, sehr wahrscheinlich, dafs eine solche, wenigstens theilweise Verdrängung wirklich stattfindet.

Die Gegenwart des ungemein schwerlöslichen Eisenoxydhydrat in Gewässern können wir nicht annehmen; das kohlensaure Eisenoxydul gehört aber zu den kaum je fehlenden Bestandtheilen derselben. Kommen daher Gewässer mit einem Mineral in Berührung, welches Thonerdesilicate enthält: so sind alle Bedingungen zur Zersetzung derselben, sei sie eine theilweise oder eine vollständige, gegeben: das Eisenoxydul wandelt sich durch höhere Oxydation in Eisenoxydhydrat um, und dieses bewirkt die Zersetzung, während die frei werdende Kohlensäure andere Silicate des Minerals zersetzt.

50. Eisenoxydhydrat wirkt zersetzend auf Kalksilicat. Die Versuche wurden auf dieselbe Weise und mit denselben Quantitäten wie in Nr. 49 mit Kalksilicat angestellt. Da letzteres weniger Salzsäure als das Thonerdesilicat zur Auflösung fordert: so wurde, diesem Verhältnisse entsprechend, der Flüssigkeit, in welcher Eisenoxydhydrat und Kalksilicat suspendirt war, nach 48stündiger Digestion Salzsäure zugesetzt. Die abfiltrirte saure Flüssigkeit war, wie in Nr. 49, blafsgelb, das Abwaschewasser dunkelröthlichgelb und der Rückstand rothbraun. Die Analyse lieferte folgende Resultate: I. saure Auflösung II. Abwaschewasser III. Rückstand.

	I.	II.	III.	
Kieselsäure .	11,42	0,52	1,33 =	13,27
Kalk . . .	9,86	Spur	— =	9,86
Eisenoxyd .	58,48	11,76	6,63 =	76,87
	79,76	12,28	7,96	100,00

Obgleich diese Zusammensetzungen denen in Nr. 49 ähnlich sind: so zeigt sich doch der Unterschied, dafs durch Einwirkung des Eisenoxydhydrat auf Thonerdesilicat ein Thonerdesilicat von geringerem Kieselsäuregehalt und ein Eisenoxydsilicat gebildet wurden, wovon die Salzsäure das erstere nebst dem überschüssigen Eisenoxydhydrat auflöste, das letztere aber unaufgelöst zurückliefs. Das Abwaschewasser zersetzte hierauf das Eisenoxydsilicat in zwei Silicate von ungleicher Zusammensetzung, wovon

das mehr basische aufgelöst wurde, während das weniger basische zurückblieb.

Dafs auch bei diesen Versuchen wirkliche Eisenoxydsilicate gebildet wurden, geht unter anderm daraus hervor, dafs der Rückstand III 24 Stunden mit überschüssiger Salzsäure digerirt werden mufste, um das Eisenoxyd abzuscheiden; gleichwohl war aber die abgeschiedene Kieselsäure noch etwas gelblich gefärbt.

Diese Versuche zeigen entschieden die Zersetzung eines Kalksilicat, dessen Sauerstoffquotient = 0,407, durch Eisenoxydhydrat in ein Kalksilicat, dessen S. Q. = 0,473, und in ein Eisenoxydsilicat, dessen S. Q. = 5,733 ist. Dieses Eisenoxydsilicat zerfällt durch Wasser in ein lösliches Silicat, dessen S. Q. = 13,044 und in ein unlösliches, dessen S. Q. = 2,876 ist. Das erstere, das mehr basische beträgt ungefähr $1\frac{1}{2}$ Mal so viel als das letztere, welches weniger basisch ist.

51. Eisenoxydhydrat wirkt sehr wenig zersetzend auf Magnesiasilicat. Als die Löslichkeit dieser Substanzen in Salzsäure, wie in 49, ermittelt worden war, wurden gleiche Quantitäten von ihnen, in Wasser suspendirt, zwei Tage lang in gelinder Wärme digerirt, und hierauf die erforderliche Menge Salzsäure zugesetzt. Es löste sich zwar nicht alles auf; während des Filtrirens verminderten sich aber immer mehr die unaufgelösten Theile und der ocherbraune Rückstand auf dem Filter betrug so wenig, dafs er nicht abgenommen werden konnte. Eisenoxydhydrat vermag daher nur eine sehr geringe Menge Magnesiasilicat zu zersetzen und Eisenoxydsilicat zu bilden.

52. Magnesia-Aluminat wird durch Natronsilicat zersetzt. Um ersteres darzustellen, setzte Abich[1]) zu einer Lösung von Bittersalz so viel Salmiak, dafs sie durch Ammoniak nicht getrübt wurde, und mischte sie hierauf mit einer Lösung von so viel Alaun, dafs der Sauerstoff der Thonerde 3 Mal so viel als der der Magnesia betrug. Als er hierauf die Thonerde mit Ammoniak gefällt hatte, zeigte sich in der abfiltrirten Flüssigkeit kaum noch eine Spur von Magnesia; er schlofs daher, dafs die Magnesia mit der Thonerde niedergefallen sei.

---

[1]) Poggend. Ann. XXIII. p. 355.

Ich wiederholte diesen Versuch, nahm aber nur halb so viel Bittersalz, und doch wurde die vom Niederschlage abfiltrirte Flüssigkeit durch phosphorsaures Ammoniak noch merklich getrübt. Das Auswaschen des Niederschlags wurde so lange fortgesetzt, als weder dieses Reagens noch Chlorbaryum das Abwaschewasser mehr trübten. Er hatte die Zusammensetzung I, und 1 Th. desselben im wasserhaltigen Zustande löste sich in 29217 Th. Wassers.

Als ein Theil dieses Niederschlags im gallertartigen Zustande mit einer Lösung von Natronsilicat 12 Stunden in gelinder Wärme digerirt, die Flüssigkeit abfiltrirt und der Rückstand sorgfältigst ausgewaschen worden war, hatte letzterer die Zusammensetzung II und die abfiltrirten Flüssigkeiten die Zusammensetzung III, berechnet auf 100 Th. des angewandten Materials.

	I.	II.	III.		Summe.
Kieselsäure .	—	10,15	40,08	=	50,23
Natron . .	—	—	43,23	=	43,23
Thonerde .	60,46	5,61	0,50	=	6,11
Magnesia .	2,34	0,43	—	=	0,43
Wasser . .	37,20	—	—		—
	100,00	16,19	83,81		100,00

Ein Theil der Kieselsäure des Natronsilicat hatte sich also mit dem gröſsten Theile der Thonerde und mit der ganzen Menge der Magnesia zu Thonerde- und Magnesiasilicat verbunden, und ein kleiner Theil der Thonerde war von dem theilweise zersetzten Natronsilicat aufgelöst worden. So viel geht aus dem Versuche hervor, daſs Natronsilicat eine Verbindung von Thonerde mit Magnesia zu zersetzen vermag, und daſs hierbei Thonerdesilicat und Magnesiasilicat gebildet werden. Daſs die Lösung des Natronsilicat etwas Thonerde aufgelöst hatte, ist in Uebereinstimmung mit dem Gesetze 39; denn diese Erde war im Verhältnisse zur Magnesia in solchem Ueberschusse vorhanden, daſs man berechtigt ist, den zum Versuche angewandten Niederschlag für eine Zusammensetzung aus Magnesia-Aluminat und überschüssigem Thonerdehydrat zu halten.

Ich schlug einen anderen Weg zur Darstellung des Magnesia-Aluminat ein, der ein günstigeres Resultat als

der beschriebene versprach. In kochender Kalilösung wurde so viel Thonerdehydrat aufgelöst, als sie aufzulösen vermochte. Zu dieser Lösung wurde eine Lösung von schwefelsaurer Magnesia gesetzt, bis kein Niederschlag mehr erfolgte. In der abfiltrirten Flüssigkeit zeigte phosphorsaures Ammoniak die Gegenwart von überschüssiger schwefelsaurer Magnesia an; dennoch reagirte sie alkalisch. Der Niederschlag wurde ausgewaschen, so lange noch phosphorsaures Ammoniak und Chlorbaryum reagirten.

Dieses künstliche in der Siedhitze des Wasser getrocknete Magnesia-Aluminat hatte die Zusammensetzung I, mithin im wasserfreien Zustande die Zusammensetzung II. Ist im Spinell der Sauerstoff der Thonerde das 3fache vom Sauerstoff der Magnesia: so gibt dies die Zusammensetzung III für dieses Mineral, mithin 5,81 % Magnesia mehr als im künstlichen Aluminat. Obgleich durch das zweite Verfahren ein Aluminat erhalten wurde, welches bei weitem mehr Magnesia enthielt, als das durch das erste Verfahren dargestellte: so wurde doch nicht der Magnesia-Gehalt im Spinell erreicht. Da indeſs das künstliche Aluminat ausgewaschen wurde bis phosphorsaures Ammoniak nicht mehr reagirte: so muſste der Niederschlag eine chemische Verbindung von Thonerde und Magnesia gewesen sein, aus welcher das Wasser die letztere nicht extrahiren konnte.

Zu dem künstlichen Magnesia-Aluminat im gallertartigen Zustande wurde eine Lösung von kieselsaurem Natron gesetzt[1]) und 12 Stunden lang in gelinder Wärme digerirt, hierauf die Flüssigkeit abfiltrirt und der Rückstand sorgfältigst ausgewaschen. Letzterer hatte die Zusammensetzung IV und die abfiltrirte Flüssigkeit die Zusammensetzung V, berechnet auf 100 Th. der angewandten Verbindungen.

---

[1]) Es war dasselbe Silicat wie beim vorigen Versuche. Die Zusammensetzung desselben wurde nicht direct bestimmt; sie ergibt sich indeſs aus der „Summe", und es zeigt sich eine Uebereinstimmung bis auf 1,6% in beiden Versuchen. Solche Differenzen bei einem künstlichen Silicate, welches als amorphe Masse dargestellt wurde, und so sehr der Zersetzung durch die atmosphärische Kohlensäure unterworfen ist, kann nicht befremden.

	I.	II.	III.	IV.	V.		Summe.
Kieselsäure	—	—	—	11,25	34,62	=	45,87
Natron	—	—	—	—	37,03	=	37,03
Thonerde	50,47	77,13	71,32	12,76	0,43	=	13,19
Magnesia	14,96	22,87	28,68	3,91	—	=	3,91
Wasser	34,57	—	—	—	—	=	—
	100,00	100,00	100,00	27,92	72,08		100,00

Bei diesem Versuche ist eine verhältnifsmäfsig noch gröfsere Menge Kieselsäure des Natronsilicat an die Thonerde und Magnesia übergegangen, als im vorhergehenden, welches der Gegenwart einer gröfseren Menge der letzteren zuzuschreiben ist. Die Zersetzung des Magnesia-Aluminat durch Natronsilicat zeigt sich daher in diesem Versuche deutlicher als im vorhergehenden. In beiden Versuchen findet sich aber der gröfste Theil der Thonerde als Silicat im unlöslichen Rückstande, und nur ein kleiner Theil als lösliches Natron-Aluminat in der Flüssigkeit. Da jedoch nach dem Gesetze 39 Lösungen von alkalischen Silicaten geringe Mengen Thonerde aus Thonerdesilicaten extrahiren: so wird durch fortgesetzte Einwirkung von Lösungen alkalischer Silicate auf den unlöslichen Rückstand endlich alle Thonerde extrahirt werden. Die Ermittelung, ob sich die Thonerde in alkalischen Silicaten als Silicat auflöst, hat nicht stattgefunden, und würde jedenfalls sehr schwierig werden, weil sie sich nur in geringen Mengen auflöst. Wird sie aber, wie wahrscheinlich, als Silicat aufgelöst: so wird nach fortgesetzter Einwirkung alkalischer Silicate auf Magnesia-Aluminat endlich blos Magnesiasilicat zurückbleiben.

Im Kap. XL werden wir sehen, dafs die durch vorstehende Versuche ermittelte Zersetzung des Magnesia-Aluminat durch alkalische Silicate geeignet ist, der Erklärung der Bildung der Speckstein-Pseudomorphose in Formen von Spinell näher zu kommen.

53. Arsenige Säure zersetzt Kalkbicarbonat. Stückchen arseniger Säure in eine Lösung von Kalkbicarbonat gebracht, hatten sich nach mehreren Wochen gröfstentheils aufgelöst. Nachdem die Lösung bis zur Trockne abgedampft, und der erhaltene Rückstand mit Wasser extrahirt worden, trübte oxalsaures Ammoniak die Flüssigkeit ziemlich stark.

54. Chlormagnesium und Kalkbicarbonat werden aller Wahrscheinlichkeit nach im Wasser, in welchem Conferven wachsen, zersetzt und Magnesiacarbonat und Chlorcalcium werden gebildet.

Findet eine solche Zersetzung im Meerwasser statt: so würde dieses Chlorcalcium durch die schwefelsaure Magnesia in diesem Wasser zersetzt werden, wobei schwefelsaurer Kalk und wiederum Chlormagnesium entstehen würden. Durch diese Zersetzungen würde also nicht die Menge des Chlormagnesium im Meerwasser, sondern nur die der schwefelsauren Magnesia vermindert werden. Dieses Salz ist es aber, welches durch die Flüsse dem Meere in nicht unbedeutenden Mengen zugeführt wird (Kap. V).

55. Chlornatrium scheint durch kohlensauren Kalk eine Zersetzung zu erleiden; es ist wenigstens eine längst bekannte Thatsache, dafs Kochsalz in Berührung mit feuchtem Kalkstein Efflorescenzen von kohlensaurem Natron verursacht.

56. Borsaure Kalkerde, in wässriger Lösung, wird von kieselsaurem Natron zersetzt, borsaures Natron und kieselsaurer Kalk werden gebildet.

Diese Zersetzung zeigt sich am deutlichsten, wenn die borsaure Kalkerde durch Zersetzung von Chlorcalcium mittelst einer Lösung von Borax im Ueberschusse dargestellt wird [1]).

57. Wolframsäure, künstliche, zersetzt neutralen und sauren kohlensauren Kalk so wie schwefelsauren Kalk.

Als Wolframsäurehydrat in eine Lösung von saurem kohlensaurem Kalk eingerührt wurde, zeigten sich nach einigen Stunden unzählige mikroskopisch kleine, weifse Nadeln an den Wänden des Glases, welche hier und da mannichfaltig gruppirt waren, und aus der Flüssigkeit stiegen Gasbläschen auf. Als ferner in ein kleines Fläschchen gepülverte Kreide, Wolframsäure und Wasser gebracht, das Fläschchen mit einer gebogenen Glasröhre mit Kalkwasser in einem anderen Fläschchen in Communication gesetzt und luftdicht verschlossen wurde, trieb ich durch die Wärme der Hand von Zeit zu Zeit einige Bläschen

[1]) Cf. I. Aufl. B. II. S. 946.

der im ersten Fläschchen enthaltenen Luft in das Kalkwasser. Nach einiger Zeit trübte sich dasselbe. Am anderen Tage hatten sich wieder unzählige Nädelchen an den Wänden des ersten Fläschchens, so weit das Wasser reichte, abgesetzt, und diese Bildung nahm, als der Apparat mehrere Monate stehen blieb, immerfort zu.

Aus einer mit Wolframsäure versetzten Gypslösung setzten sich erst nach 3 Tagen krystallinische Parthien ab, welche auch auf der Flüssigkeit schwammen und wie Dendriten erschienen. Eine concentrirte Lösung von Chlorcalcium wurde durch Wolframsäure nicht getrübt. Erst nach längerer Zeit zeigte sich das Glas, so weit die Flüssigkeit reichte, matt und durch die Loupe erkannte man einen sehr dünnen Ueberzug, gleich einem Zellgewebe, von wolframsaurem Kalk [1]). Da diese Zersetzungen langsam von Statten gehen: so bildet sich der wolframsaure Kalk krystallinisch aus.

58. Die Reduction des Eisenoxydhydrat durch faulende organische Substanzen zu Eisenoxydul unter Bildung von Kohlensäure, eine im Mineralreiche so häufige Erscheinung, läfst sich auch auf künstlichem Wege darthun [2]).

Versuch I. Künstlich dargestelltes Eisenoxydhydrat, welches in salzsaurer Auflösung durch Kaliumeisencyanid nicht im mindesten blau gefärbt wurde, mithin keine Spur von Oxydul enthielt, wurde mit einem wässrigen Extract von Holzerde aus dem Innern eines faulen Eichstammes versetzt, und die Flüssigkeit bei einer Temperatur unter der Siedhitze zur Trockne abgedampft. Der schwarze Rückstand enthielt hier und da glänzende Stäubchen. Als er mit verdünnter Salzsäure behandelt, und die

---

[1]) Nach Anthon fällen wolframsaure Alkalien das Chlorcalcium vollständig, selbst bei geringem Ueberschusse von Säure.

[2]) Es ist bekannt, dafs ein im Wasser gelöstes Eisenoxydsalz zu einem Eisenoxydulsalz reducirt wird, wenn durch die Lösung anhaltend Schwefelwasserstoffgas geleitet wird. Es ist hier nur der Wasserstoff in diesem Gas, welcher reducirend wirkt; denn der Schwefel scheidet sich als solcher ab. Die Verwandtschaft des Wasserstoffs zu einem Theile des Sauerstoffs im Eisenoxyd reicht also hin, die Verwandtschaft des Wasserstoffs zum Schwefel zu überwinden. Hieraus ergibt sich, wie leicht das Eisenoxyd zu Eisenoxydul reducirt werden kann.

filtrirte Auflösung mit Kaliumeisencyanid versetzt wurde, zeigte sich eine blaue Färbung, und nach einiger Zeit setzte sich Berlinerblau ab. Eisenoxydul war also vorhanden; Kaliumeisencyanür zu einer andern Portion der Auflösung gesetzt, bewirkte eine stärkere blaue Färbung; unzersetztes Eisenoxyd war daher noch gegenwärtig und in gröfserer Menge als Eisenoxydul. Unter den angegebenen Umständen wird daher Eisenoxyd zu Eisenoxydul auf nassem Wege reducirt.

Versuch II. Um zu ermitteln, ob diese Reduction auch in gewöhnlicher Temperatur, wenn auch erst nach längerer Zeit von Statten gehen würde, und ob sie vielleicht durch freie Kohlensäure wegen ihrer Verwandtschaft zum Eisenoxydul begünstigt werden möchte, wurde durch den wässrigen Extract von Holzerde mit suspendirtem Eisenoxydhydrat Kohlensäuregas 18 Stunden lang geleitet. Die abfiltrirte Flüssigkeit wurde aber nicht durch Kaliumeisencyanid gebläuet. Der Rest der Flüssigkeit blieb abgesperrt von atmosphärischer Luft 12 Tage lang stehen, Kaliumeisencyanid reagirte aber gleichfalls nicht. Unter diesen Umständen findet demnach keine Reduction und Umwandlung des Eisenoxydhydrat in kohlensaures Eisenoxydul statt.

Versuch III. Da mit Wahrscheinlichkeit anzunehmen war, dafs die Reduction des Eisenoxyd zu Eisenoxydul durch organische Substanzen erst dann erfolgt, wenn diese schon in völliger Fäulnifs begriffen sind: so wurden zum Reste der Flüssigkeit vom vorigen Versuche einige Stückchen einer Schweinsblase gesetzt. Nachdem die Flüssigkeit 9 Tage gestanden hatte, zeigte ihr höchst widerlicher Geruch die bereits eingetretene Fäulnifs der organischen Substanzen. Eine davon abfiltrirte Probe wurde durch Kaliumeisencyanid stark grün gefärbt, ohne dafs sich nach längerem Stehen der Flüssigkeit Berlinerblau absetzte.

Nachdem die Flüssigkeit noch 24 Tage gestanden hatte, war noch mehr kohlensaures Eisenoxydul aufgelöst worden; denn Kaliumeisencyanid gab eine dunkelblaue Färbung.

Der Rest der ganzen Masse wurde nun einer quantitativen Analyse unterworfen. Die abfiltrirte Flüssigkeit

betrug 12200 Gr. und enthielt 1,022 Gr. Eisenoxyd, welchen 1,481 kohlensaures Eisenoxydul entsprechen. Der Bodensatz, welcher aus den unaufgelösten organischen Substanzen und aus dem Reste des angewandten Eisenoxydhydrat bestand, enthielt 3,194 Eisenoxyd und 0,319 Eisenoxydul.

Dazu das Eisenoxydul, welches als Carbonat aufgelöst war, = 0,920 gibt 1,239 Eisenoxydul, dem 1,377 Eisenoxyd entsprechen. Demnach sind von dem angewandten

Eisenoxyd reducirt worden	1,377	=	30,12
nicht reducirt worden	3,194	=	69,88
	4,571	=	100,00

Es ist nicht zu zweifeln, dafs nach und nach alles Eisenoxydhydrat würde reducirt worden sein, wenn dasselbe noch längere Zeit mit den faulenden organischen Substanzen in Berührung geblieben wäre.

Sind daher organische Substanzen in rascher Zersetzung begriffen: so reduciren sie schon in gewöhnlicher Temperatur das Eisenoxyd zu Eisenoxydul. Da stickstoffhaltige Substanzen bei weitem schneller in Fäulnifs übergehen, als nicht stickstoffhaltige: so wirken jene vorzugsweise reducirend. Wenn demgemäfs die thierischen Substanzen dazu besonders geeignet sind: so werden doch Pflanzenreste denselben Dienst leisten, wenn auch erst in längerer Zeit, da in diesen stickstoffhaltige Bestandtheile niemals gänzlich fehlen.

Die Bildung von Eisenoxydulcarbonat in wässriger Lösung, wenn organische Ueberreste und Kohlensäure auf Eisenoxydhydrat einwirken, ist daher ohne alle Schwierigkeit zu begreifen.

59. Die Reduction des Eisenoxydsilicat durch faulende organische Substanzen zu Eisenoxydulsilicat oder Eisenoxydulcarbonat, eine Erscheinung, welche im Mineralreiche unzweifelhaft häufig stattfindet, läfst sich ebenfalls auf künstlichem Wege erwirken.

Eisenoxydsilicat, gefällt aus einer Lösung von Eisenchlorid durch Natronsilicat, wurde in Wasser eingerührt und eine Blasenhaut zugesetzt. Schon den nächsten Tag zeigte sich ein schwacher Fäulnifs-Geruch und die Flüssigkeit erschien etwas grünlich gefärbt. Damit es für die

fortschreitende Fäulnifs nicht an organischen Substanzen fehlte, wurde noch eine Lösung von arabischem Gummi zugesetzt. Eine farblose Substanz wurde gewählt, damit Farbenveränderungen um so besser wahrgenommen werden konnten. Die verschlossene Flasche wurde umgekehrt und der Hals mit Wasser abgesperrt, um eine mögliche oxydirende Wirkung der Luft zu beseitigen. Von Zeit zu Zeit wurde aber die Flasche geschüttelt, damit sich das am Stopfen liegende Eisenoxydsilicat in der Flüssigkeit verbreite und mit der Blasenhaut wiederholt in Berührung komme. Die grüne Färbung der klaren Flüssigkeit nahm sichtbar zu.

Nach 12 Tagen wurde die Flasche zur vollständigen Klärung der Flüssigkeit aufrecht gestellt.

Den nächsten Tag erschien dieselbe schwärzlich-grün und verbreitete, als sie geöffnet wurde, einen abscheulichen Gestank. Eine herausgegossene, mit etwas Salzsäure versetzte Probe gab mit Kaliumeisencyanür eine dunkelblaue Färbung und bald darauf einen blauen Niederschlag. Eisenoxydul war daher entstanden, welches sich als Eisenoxydulsilicat oder als Eisenoxydulbicarbonat aufgelöst hatte. Die Flasche wurde wieder umgekehrt und der Hals mit Wasser noch 17 Tage lang abgesperrt. Während dieser Zeit war die Flüssigkeit etwas milchig geworden. Sie wurde nun klar abgegossen und davon 10000 Gran zur Analyse verwendet.

Ein Theil der Flüssigkeit wurde in einer Retorte bis zum Sieden erhitzt und der Hals derselben mit Barytwasser abgesperrt. Es entstand ein bedeutender Niederschlag von kohlensaurem Baryt; während der Fäulnifs der organischen Substanzen wurde daher viel Kohlensäure gebildet.

Dieser Theil der Flüssigkeit und der Rest wurden zur Trockne abgedampft. Der Rückstand wurde, um die gelöst gewesenen organischen Substanzen zu zerstören, bis zum Weifsglühen erhitzt, wodurch er zum Schmelzen kam. Hierauf wurde er mit Salzsäure und etwas Salpetersäure digerirt, auf das Filter gebracht und ausgewaschen. Aus der abfiltrirten Flüssigkeit fällte Ammoniak 1,173 Gran Eisenoxyd. Der Rückstand auf dem Filter war schwarz; nach starkem Glühen unter Zutritt der Luft verbrannten

die von den zerstörten organischen Substanzen herrührenden kohligen Theile, und es blieben 1,065 Gran Kieselsäure zurück, welche fast weiſs waren, nur etwas in's gelbliche spielten, und daher nur noch Spuren von Eisenoxyd enthielten.

Daſs das Eisen in der wässrigen Lösung ganz oder gröſstentheils als Oxydul vorhanden war, hatte Kaliumeisencyanür nachgewiesen. Seine Menge konnte daher bis 1,056 Gr., mithin nahe so viel als die Kieselsäure betragen haben. Da die Flüssigkeit viel Kohlensäure enthielt, so ist es nicht wahrscheinlich, daſs die ganze Menge des Eisenoxydul als Silicat, sondern ein Theil davon als Bicarbonat aufgelöst war.

Aus vorstehenden Untersuchungen (Nr. 58 und 59) ergibt sich, daſs faulende organische Substanzen bei Gegenwart von Kohlensäure Eisenoxydhydrat zu Eisenoxydul, so wie Eisenoxydsilicat zu Eisenoxydulsilicat und Eisenoxydulcarbonat reduciren, und daſs stickstoffhaltige Substanzen, weil sie viel schneller als vegetabilische zersetzt werden, dazu mehr als diese geeignet sind.

Die Reduction des Eisenoxydhydrat und des Eisenoxydsilicat ist in geologischer Beziehung von groſser Wichtigkeit. Wir sehen, wie die Eisenoxydulsilicate in den krystallinischen und amorphen Gesteinen fortwährend einer Oxydation unterworfen sind, die zum Theil ihre Zersetzung bedingt. Würde diesem Processe nicht eine Reduction entgegenwirken, so müſsten nach und nach alle Eisenoxydulsilicate aus dem Mineralreiche verschwinden. — Ob noch ein anderes Reductionsmittel im Mineralreiche wirksam ist, ist nicht bekannt. Sind die organischen Substanzen und ihre Zersetzungsproducte (Kohlenwasserstoffgas) das einzige Reductionsmittel, so konnte vor dem Erscheinen des organischen Reiches auf Erden keine Reduction der Eisenoxyde stattgefunden haben. Daſs indeſs selbst zur Zeit, als die petrefactenleeren Schiefer, die Urthonschiefer, aus Meeres-Sedimenten entstanden sind, schon Reductionsmittel vorhanden waren, zeigt der manchmal bedeutende Gehalt an Kohlenstoff, dem die schwarzen Schiefer ihre Farbe verdanken.

Der blaue Thon, welcher die unterste Lage der si-

lurischen Formation im westlichen *Russland* bildet, ist voll von Algen[1]). Seine blaue Farbe deutet auf einen bedeutenden Gehalt von Eisenoxydulsilicaten, und läfst schliefsen, dafs diese organischen Ueberreste die Reductionsmittel der Eisenoxydsilicate gewesen sind, oder wenigstens die Oxydation der Oxydulsilicate verhindert haben. Von dieser ältesten organische Ueberreste führenden Formation bis zu den jüngsten sedimentären Bildungen verfolgen wir die Petrefacten, und damit die Mittel zur Reduction der Eisenoxyd-Verbindungen. Schon in dem Sandsteine, welcher den blauen Thon bedeckt, finden wir den Obolus in grosser Menge, dessen Ueberreste, nach dem Resultate unserer Versuche, diese Reduction noch mehr als die vegetabilischen Ueberreste begünstigt haben werden.

Wo wir demnach in sedimentären und in den aus diesen durch Metamorphose entstandenen krystallinischen Gesteinen Eisenoxydulsilicate in Begleitung organischer Ueberreste finden, da ist der Schlufs gerechtfertigt, dafs diese die Reduction bewirkt oder wenigstens die höhere Oxydation der Oxydul-Verbindungen verhindert haben. Ueberhaupt erblicken wir in dieser Reduction ein wesentliches Element zur Umwandlung amorpher Massen in krystallinische (Band III, Metamorphische Gesteine).

Später werden die verschiedenen möglichen Bildungen der Grünerde besprochen werden. Wir lernen hier eine neue Bildungsart dieses Minerals kennen, und dies ist um so wichtiger, da sein so sehr verbreitetes Vorkommen in den verschiedenartigsten älteren und neuern sedimentären Gesteinen bis zu den untersten silurischen Schichten eine und dieselbe Bildungsart nicht vermuthen läfst. Jeder Thon, welcher vorherrschend Eisenoxydsilicate und Silicate von Thonerde, Magnesia und Alkalien, so wie organische Ueberreste enthält, kann als Material zur Bildung der Grünerde gedacht werden.

60. Die von Gewässern absorbirte Kohlensäure wird von atmosphärischer Luft vollständig verdrängt. Die mehr oder weniger vollständige Verdrängung der von Flüssigkeiten absorbirten Gase ist bekanntlich eine merkwürdige

---

[1]) Eichwald im Bullet. de la Soc. impér. des Naturalistes de Moscou T. 17 p. 4.

chemische Erscheinung; sie hat aber auch, und namentlich die vorhin genannte Verdrängung, eine nicht geringe geologische Bedeutung.

Die Verdrängung der Kohlensäure durch atmosphärische Luft zeigt sich bekanntlich schon, wenn Wasser eines Kohlensäuerlings in einem offenen Gefäfse steht; es büfst durch Verlust seiner Kohlensäure bald seinen angenehm prickelnden Geschmack ein. Um zu ermitteln, in welcher Zeit dies geschieht, wenn das Wasser in vielfache Berührung mit der Luft kommt, werden folgende Versuche angestellt.

Durch künstlich dargestelltes und mit Kohlensäure gesättigtes Wasser wurde Luft geleitet. Eine mit einem Gasometer verbundene Glasröhre wurde bis auf den Boden des Glasgefäfses, welches das Wasser enthielt, gebracht, die Luft strömte aus drei kleinen Löchern durch dasselbe. Gleichzeitig wurde eine gleiche Menge kohlensauren Wassers in einem anderen Glase während der Dauer des Versuchs offen hingestellt. Die Differenz zwischen dem Kohlensäure-Gehalte in diesem und im anderen Gefäfse nach dem Durchströmen der Luft, gab die Menge des Kohlensäuregases, welche von der durchströmenden Luft verdrängt worden war. Die Menge der rückständigen Kohlensäure in beiden Gefäfsen wurde durch Barytwasser bestimmt. Es wurden stets 8 Unzen Wasser angewandt, die Resultate aber auf 10000 Th. Wasser reducirt.

Zeit des Durchströmens der Luft.	Rückständige Kohlensäure im Gefäfse durch welches die Luft strömte.	Rückständige Kohlensäure im Gefäfse durch welches keine Luft strömte.
Versuch I. 5 Minut.	0,268	3,94
„ II. 7½ „	0, —	Wegen Mangel an Wasser konnte kein Gegenversuch angestellt werden.
„ III. 15 „	0, —	3,785

Wenn daher 5 Minuten lang Luft durch kohlensaures Wasser strömt, so bleiben 0,068 % Kohlensäure zurück. Strömt sie aber 7½ Minute durch: so wird alle Kohlensäure ausgetrieben.

In 10000 Th. kohlensaurem Wasser waren enthalten:

nach Versuch I.	10,26	Kohlensäure
„ „ III.	9,86	„

Die in Gewässern an kohlensauren Kalk halbgebundene Kohlensäure wird nach langem Durchströmen von Luft gleichfalls mehr oder weniger verdrängt und dadurch kohlensaurer Kalk abgeschieden.

Zu folgenden Versuchen dienten Lösungen von Kalkcarbonat, welche durch 24stündiges Durchleiten von Kohlensäuregas durch Wasser, in welches reines chemisch präcipitirtes Kalkcarbonat eingerührt worden war, dargestellt wurden.

Versuch I. A die Zusammensetzung einer solchen Lösung. B die Zusammensetzung derselben, nachdem atmosphärische Luft $7^1/_2$ Minute lang durchgeleitet worden war[1]).

10000 Th. Lösung enthielten in

	A.	B.
Neutralen kohlensauren Kalk	5,703	5,729
Darin ganzgebundene Kohlensäure . .	2,503	2,514
Halbgebundene Kohlensäure . . . } Freie Kohlensäure . . . . }	17,790	2,874

Da 17,790 — 2,874 = 14,916: so ergeben sich für A

Ganzgebundene Kohlensäure	2,503
Halbgebundene „	2,874
Freie „	14,916
	20,293

Ein $7^1/_2$ Minuten langes Durchleiten von atmosphärischer Luft durch eine Lösung von saurem kohlensaurem Kalk mit freier Kohlensäure scheint demnach nicht hinreichend, letztere vollständig fortzutreiben.

---

[1]) Mittelst Barytwasser wurden die freie und halbgebundene Kohlensäure so wie der kohlensaure Kalk, als neutrales Salz, gefällt. Der Niederschlag wurde in einem verschlossenen Glase so lange ausgewaschen, als das abgegossene Wasser noch auf Baryt reagirte, wodurch eine Fällung des überschüssigen Baryt auf Kosten der atmosphärischen Kohlensäure beseitigt wurde. Der Niederschlag wurde in Salzsäure aufgelöst und die Lösung mit so viel Wasser verdünnt, daſs bei nachheriger Fällung des Baryt durch Schwefelsäure, der gebildete schwefelsaure Kalk aufgelöst blieb. In dem vom schwefelsauren Baryt abfiltrirten Wasser wurde dann die Menge der schwefelsauren Kalkerde bestimmt.

Versuch II. Dazu diente eine andere Lösung von saurem kohlensaurem Kalk, durch welche Kohlensäuregas nicht so lange geleitet worden war, als durch die im Versuche I. angewandte. A die Zusammensetzung der Lösung, B die Zusammensetzung, nachdem 15 Minuten lang atmosphärische Luft durchgeleitet worden war.

10000 Th. Lösung enthielten in

	A.	B.
Neutrales Kalkcarbonat	3,698	—
Darin ganzgebundene Kohlensäure . .	1,623	—
Halbgebundene Kohlensäure . . . } Freie " . . . }	10,103	1,631

Da 10,103 — 1,631 = 8,472: so ergeben sich für A

Ganzgebundene Kohlensäure	1,623
Halbgebundene "	1,631
Freie "	8,472
	11,726

Hier stimmen die Quantitäten der ganz- und der halbgebundenen Kohlensäure fast ganz mit einander überein. Demgemäfs ist der saure kohlensaure Kalk wirklich ein Bicarbonat [1]).

Da die Lösungen des Kalkbicarbonat Lackmuspapier vor dem Durchleiten von Luft ziemlich stark, nach demselben aber nicht im mindesten rötheten: so ergibt sich hieraus, dafs die halbgebundene Kohlensäure keine saure Reaction zeigt, und daher mit Recht diesen Namen führt. Da sich endlich die Lösungen, durch welche Luft $7\frac{1}{2}$ und 15 Minuten lang geleitet wurde, nicht im mindesten getrübt hatten: so sieht man, dafs innerhalb dieser Zeiten blos die freie Kohlensäure verdrängt wird [2]).

---

[1]) Es ist nicht unwahrscheinlich, dafs die Bildung eines Bicarbonat im festen Zustande defshalb unmöglich ist, weil die Verwandtschaft der Kohlensäure zum Wasser gröfser ist, als zum Kalkcarbonat. Im umgekehrten Falle würde die halbgebundene Kohlensäure nicht mit dem verdunstenden Wasser fortgehen, oder durch Luft verdrängt werden, sondern mit Kalkcarbonat verbunden als Kalkbicarbonat sich absetzen.

[2]) Die atmosphärische Luft bietet demnach ein bequemes Mittel dar, die freie Kohlensäure in einem Säuerling direct zu bestimmen. Da indefs die folgenden Versuche darthun, dafs durch ein lange fortgesetztes Durchleiten von Luft auch halbgebundene Kohlensäure ver-

In den Versuchen I und II beträgt die freie Kohlensäure 5,19 Mal so viel als die halbgebundene; es ist indefs nicht zu übersehen, dafs im Versuche I die letztere etwas zu hoch und die erstere etwas zu niedrig bestimmt worden war. So viel ergibt sich aber, dafs das Wasser erst dann das Maximum von Kalkbicarbonat auflösen kann, wenn es ganz mit Kohlensäure gesättigt ist, vorausgesetzt dafs der neutrale kohlensaure Kalk im Ueberschusse vorhanden ist.

Die gröfsten Quantitäten von Kalkcarbonat, welche ich in den mit Kohlensäure gesättigten Mineralwassern in den Umgebungen des Laacher See's etc. gefunden habe, fallen zwischen 5,1538 und 6,1389 in 10000 Th. Wasser; sie kommen also der in dem künstlich dargestellten Wasser in Versuch I ziemlich nahe. In den übrigen gleichfalls mit Kohlensäure gesättigten Mineralquellen sinkt aber die kohlensaure Kalkerde bis auf $\frac{1}{10000}$ herab. In der mit Kohlensäure gesättigten Soole von Neusalzwerk fand ich 8,686 Kalkcarbonat in 10000 Th. Wasser. Da diese Menge jene Maxima bedeutend übersteigt: so kann dies keine andere Ursache haben, als dafs am Ursprunge jener Soole kohlensaurer Kalk im Ueberschusse vorhanden ist, nicht so aber am Ursprunge jener Mineralquellen. Dies verhält sich auch wirklich so; denn die Soole des 2210 F. tiefen Bohrloches von Neusalzwerk steht im Muschelkalk; die genannten Mineralquellen kommen dagegen aus dem Thonschiefer, in welchem der kohlensaure Kalk nicht als solcher gegeben ist, sondern erst durch Zersetzung der Kalksilicate mittelst Kohlensäure entsteht.

Versuch III. Als durch eine Lösung von Kalkbicarbonat 32 Minuten lang atmosphärische Luft geleitet wurde, zeigte sich eine geringe Trübung, und über Nacht hatte sich ein geringer Niederschlag gebildet. Durch lange fortgesetztes Durchleiten wird daher auch die halbgebun-

---

drängt wird: so hat man darauf zu achten, dafs, so wie sich nur eine Spur von Trübung zeigt, dieses Durchleiten sogleich unterbrochen wird. Der dadurch entstehende Fehler ist so gering, dafs er auf die Gewichts-Bestimmung keinen Einflufs hat.

dene Kohlensäure theilweise verdrängt. Die folgenden Versuche klären dies näher auf.

Versuch IV. Nach 32 Min. langem Durchleiten von Luft durch 10000 Th. Lösung zeigte sich eine kaum merkliche Trübung, welche jedoch etwas zunahm, als nochmals 41 Min. lang Luft durchgeleitet wurde. Die ausgegossene Flüssigkeit war indefs ganz klar; die inneren Wände des Glases waren dagegen mit einer äufserst dünnen Rinde von krystallinischem kohlensaurem Kalk überzogen, welcher 0,596 Gr. betrug. In der davon abfiltrirten Flüssigkeit waren 2,352 Gr. aufgelöst; es war daher sehr nahe $\frac{1}{5}$ der im Wasser gelösten kohlensauren Kalkerde durch atmosphärische Luft gefällt worden.

Um zu finden, ob diese Fällung vielleicht von dem während des Durchleitens der Luft verdunsteten Wasser herrührte, wurde der folgende Versuch angestellt.

Versuch V. Die Lösung des Kalkbicarbonat wurde tarirt. Nach 30 Min. langem Durchleiten von Luft begann schon die Trübung. Nachdem noch 55 Min. lang Luft durchgeleitet wurde, waren von 10000 Th. Lösung 20 Th. Wasser verdunstet. Die Wände des Cylinderglases waren so hoch als die Lösung gestanden hatte, und ebenso der Boden und die Glasröhre, durch welche die Luft einströmte, mit einer äufserst dünnen krystallinischen Rinde von kohlensaurem Kalk überzogen, dessen Menge 1,654 betrug. Die abgegossene Flüssigkeit war kaum merklich trübe. Nach 24 Stunden hatte sich noch etwas kohlensaurer Kalk auf dem Boden des Glases abgesetzt; die Flüssigkeit war aber klar. Nachdem nochmals 2,3 Cubikfufs Luft [1]) durchgeleitet worden, waren die Wände wieder mit einer krystallinischen Rinde überzogen, welche 0,965 betrug. Aus der von diesem Absatze abfiltrirten Flüssigkeit, durch welche keine Luft mehr geleitet worden, aus welcher sich aber über Nacht noch eine geringe Menge kohlensaurer Kalkerde abgesetzt hatte, wurde der noch aufgelöste kohlensaure Kalk durch oxalsaures Ammoniak gefällt. Er betrug 3,130.

---

[1]) Bis zu diesem Versuche wurde die Menge der durchgeleiteten Luft nicht gemessen; von hier an aber aus dem Inhalte des Gasometers = 1,15 Cubikfufs bestimmt.

Die Absätze der kohlensauren Kalkerde betrugen

demnach	2,619
aufgelöst blieben	3,130
	5,749

Die kleinere Hälfte des im Wasser aufgelösten Kalkcarbonat war folglich durch die Luft gefällt worden. Da nun in 10000 Th. Wasser 5,749 Kalkcarbonat aufgelöst waren: so konnten in den 20 Th. Wasser, welche während des ersten 85 Min. langen Durchleitens von Luft verdunstet waren, nur 0,011 kohlensaurer Kalk gelöst gewesen sein. Während dieses Durchleitens hatten sich aber 1,654, mithin 150 Mal so viel kohlensaurer Kalk abgesetzt; an diesem Absatze hatte demnach die Verdunstung einen ganz unbedeutenden, die Fällung durch Luft dagegen den bei weitem gröfsten Antheil.

Zur Bestimmung der freien Kohlensäure in der angewandten Lösung von Kalkbicarbonat wurde zu 10000 Th., durch welche keine Luft geleitet worden war, Barytwasser gesetzt. Der gefällte kohlensaure Baryt durch Schwefelsäure zersetzt gab 34,334 Th. schwefelsauren Baryt, dem 6,480 Kohlensäure entsprachen, welche als freie und halbgebundene vorhanden war. Da nun obige 5,749 kohlensaure Kalkerde 2,523 ganz gebundene Kohlensäure enthalten, mithin eben so viele halbgebundene Kohlensäure vorhanden war: so beträgt die freie Kohlensäure 6,480—2,523 = 3,957. Die Lösung enthielt daher

Ganzgebundene Kohlensäure	2,523
Halbgebundene Kohlensäure	2,523
Freie Kohlensäure	3,957
	9,003

Diese Lösung enthielt mithin fast ganz genau so viel kohlensauren Kalk, wie die zum Versuche I angewandte; letztere aber fast 4 Mal so viel freie Kohlensäure als erstere. Ein noch so grofser Ueberschufs an freier Kohlensäure vermehrt daher nicht die Menge der in Lösung übergehenden kohlensauren Kalkerde; denn diese lag in beiden Lösungen noch im Ueberschusse auf dem Boden.

Die Menge der halbgebundenen Kohlensäure, welche zur Lösung der Absätze = 2,619 erforderlich war, betrug 1,149. Da die Trübung der Flüssigkeit erst begonnen hatte,

nachdem viel länger Luft durch dieselbe geleitet worden, als zur vollständigen Verdrängung der freien Kohlensäure erforderlich war, und dann doch erst 0,45 der halbgebundenen Kohlensäure verdrängt wurde: so ergibt sich, dafs die Verwandtschaft der halbgebundenen Kohlensäure zum kohlensauren Kalk die der freien Kohlensäure zum Wasser in hohem Grade überwiegt. Die Versuche zeigen übrigens, dafs jene um so schwieriger verdrängt wird, je mehr die Menge des Kalkbicarbonat in der Lösung abnimmt. Dies ergibt sich auch aus den folgenden Versuchen mit Brunnenwasser.

Versuch VI. Dazu diente das Wasser aus dem Brunnen im hiesigen chemischen Laboratorium, welcher, wie alle im aufgeschwemmten Lande des Rheinthales abgeteuften Brunnen, sein Wasser vom *Rhein* erhält. Dieses Wasser enthält in 10000 Th. 3,254 neutrales Kalkcarbonat. Durch Barytwasser wurde die freie und halbgebundene Kohlensäure gefällt; sie betrug 2,82 Th.

Nachdem durch 10000 Th. dieses Brunnenwassers 15 Min. lang Luft durchgeleitet worden, wurden noch 2,17 Th. Kohlensäure darin gefunden, welche halbgebunden war; denn nach den vorhergegangenen Versuchen ist anzunehmen, dafs in 15 Min. alle freie Kohlensäure verdrängt worden war. Die 3,254 Th. kohlensaurer Kalk in diesem Wasser enthalten 1,428 Th. Kohlensäure, und eben so viel beträgt, wie wir gesehen haben, die halbgebundene Kohlensäure. Da aber 2,17 Th. gefunden wurden, mithin 0,742 mehr: so rührt dieser Ueberschufs von der halbgebundenen Kohlensäure des Magnesiacarbonat, welches neben dem Kalkcarbonat in diesem Brunnenwasser aufgelöst ist, her.

Versuch VII. Durch 10000 Th. Brunnenwasser wurden 19,8 Cubikfufs Luft geleitet, ohne dafs aber eine Trübung wahrzunehmen war. Nach dem Ausgiefsen des Wassers fand sich jedoch an den Wänden des Glases ein Ueberzug, welcher 0,049 betrug. Nachdem das mit Luft behandelte Wasser 2½ Tag lang stehen geblieben war, waren die Wände mit einer grofsen Zahl kleiner krystallinischer Pünktchen übersäet. Dieser kohlensaure Kalk betrug 0,374.

Es scheint demnach, dafs sich beim Durchleiten von Luft der kohlensaure Kalk in den kleinsten Kryställchen ausscheidet, welche lange Zeit im Wasser schweben und sich erst nach und nach an den Wänden und auf dem Boden des Glases absetzen. Da diese kleinen Kryställchen durchsichtig sind: so kann man sie nicht wie die kleinen Theilchen kohlensaurer Kalkerde, welche sich z. B. bilden, wenn zu einer Lösung eines Kalksalzes ein kohlensaures Alkali gesetzt wird, wahrnehmen; denn diese Theilchen sind amorph und daher noch bei hohen Graden der Verdünnung erkennbar.

Versuch VIII. Der vorige Versuch wurde zur Bestimmung der Menge des Wassers, welches während des Durchleitens von 14,2 Cub. Fufs Luft verdunstete, wiederholt. Diese Verdunstung betrug 59 Th. von 10000 Th. Brunnenwasser und konnte daher noch weniger als in Versuch V, einen Einflufs auf den Absatz der kohlensauren Kalkerde haben. Wenn nämlich von 10000 Th. Brunnenwasser 4343 Th. verdunsteten: so würde erst das Löslichkeits-Verhältnifs in der künstlichen Lösung des Versuchs V erreicht werden. Fände freilich während dieser Verdunstung ein Austausch der halbgebundenen Kohlensäure gegen atmosphärische Luft statt: so würde allerdings ein Absatz von kohlensaurem Kalk erfolgen.

In diesem Versuche betrug der krystallinische Absatz von kohlensaurem Kalk nur 0,251, welches damit übereinstimmt, dafs diesmal nur 0,72 so viel Luft als im Versuch VII durchgeleitet wurde.

Als das rückständige Wasser von diesem und dem vorhergehenden Versuche mehrere Tage lang in offenen Gefäfsen stehen geblieben war, zeigten sich wieder Absätze an den Wänden, wo das Wasser mit der Luft in Berührung stand, und sogar ein Rahm auf dem Wasserspiegel. Auch diese Absätze konnten nicht die Folge der Verdunstung sein, sondern nur von dem fortwährenden Austausche der halbgebundenen Kohlensäure gegen atmosphärische Luft herrühren. Solche Absätze werden durch diese Wirkung so lange fortschreiten, bis sich die Flüssigkeit bis zum Sättigungspunkte der Lösung concentrirt. Tritt dieser ein, so scheidet sich der kohlensaure Kalk auch

in Folge der Verdunstung ab. Zwischen der Abscheidung anderer Salze und der kohlensauren Kalkerde findet daher der Unterschied statt, dafs sich jene nur aus gesättigten Lösungen in Folge der Verdunstung abscheiden, während dieser schon aus nicht gesättigten Lösungen in Folge des Austausches der halbgebundenen Kohlensäure gegen Luft so lange zur Ausscheidung kommt, bis die Lösung ihren Sättigungspunkt erreicht hat.

Versuch IX. Durch 10000 Th. Rheinwasser wurde 11,3 Cubikfufs Luft geleitet; es zeigte sich auch nicht eine Spur eines Absatzes. Als aber das Wasser in einem offenen Glase mehrere Tage gestanden hatte, war er ganz deutlich an den Wänden desselben neben und unter dem Wasserspiegel wahrzunehmen. Also selbst aus einer so verdünnten Lösung von kohlensaurem Kalk, welche davon in 10000 Th. nur 0,14 bis 0,94 enthält, kann sich noch dieses Carbonat durch Austausch der halbgebundenen Kohlensäure gegen Luft ausscheiden.

Durch vorstehende Untersuchungen haben wir ein neues Mittel, wodurch kohlensaurer Kalk selbst aus sehr verdünnten Lösungen abgesetzt wird, kennen gelernt. Welche wichtige Anwendung dieses Mittel zur Erklärung der Kalkabsätze aus dem Wasser des Meeres, der Seen und der Flüsse findet, werden wir im Band III. (Sedimentäre Kalksteine) sehen.

61. Die in Gewässern an kohlensaures Eisenoxydul halbgebundene Kohlensäure wird in kurzer Zeit durch Luft verdrängt, wenn dieselbe durch solche Gewässer strömt. Hier finden zwei Wirkungen statt: erstens die höhere Oxydation des Eisenoxydul durch den atmosphärischen Sauerstoff, zweitens die Verdrängung der halbgebundenen Kohlensäure durch die Luft. Jene Wirkung ist die bei weitem vorherrschende, und daher kommt es, dafs die Abscheidung des Eisenoxydhydrat rasch und vollständig erfolgt, während die des Kalkcarbonat, welche nur durch Verdrängung der halbgebundenen Kohlensäure bewirkt wird, langsam und unvollständig von Statten geht. Obschon die schnelle Abscheidung von Eisenoxydhydrat aus eisenhaltigen Säuerlingen, wenn sie in offenen Gefäfsen stehen, eine bekannte Erscheinung ist: so wurden doch

die folgenden Versuche mit durchströmender Luft angestellt.

Versuch I. Durch eine künstlich bereitete Lösung von saurem kohlensaurem Eisenoxydul wurde 7½ Min. lang Luft geleitet.

Es entstand eine milchige in's Ocherfarbene übergehende Trübung. Barytwasser fällte einen ocherfarbenen, dagegen aus einer Lösung, durch welche keine Luft geleitet worden, einen weifsen, bald ins Ocherfarbene übergehenden Niederschlag.

Versuch II. Durch eine andere, frisch bereitete Lösung von saurem kohlensaurem Eisenoxydul, welche Lackmus nicht röthete, wurde 30 Min. lang Luft geleitet. Das Eisen wurde dadurch so vollständig gefällt, dafs weder Ammoniak noch Kaliumeisencyanür in der vom Niederschlage abfiltrirten Flüssigkeit im mindesten reagirte. Der Niederschlag kam aber erst nach 24 Stunden zum vollständigen Absatze. Das Eisenoxyd betrug 0,37 in 10000 Th. Lösung.

Aus einer andern Lösung, durch welche keine Luft geleitet worden, fällte Barytwasser einen augenblicklich weifsen, aber bald in das Schmutziggrüne und Ocherfarbene übergehenden Niederschlag. Das gefällte Eisenoxyd betrug 0,448 in 10000 Th. Lösung, also etwas mehr wie vorhin. Vergleicht man die Resultate dieser Versuche mit denen, welche sich bei Fällung der kohlensauren Kalkerde aus ihren Lösungen ergeben haben: so sieht man, dafs in derselben Zeit, in welcher dieses Carbonat eben anfängt sich auszuscheiden, das Eisenoxydul-Carbonat schon vollständig ausgeschieden ist [1]).

---

[1]) Von diesem verschiedenen Verhalten beider Carbonate, welche z. B. in einem Säuerling enthalten sind, kann man bei der Analyse eines solchen Gebrauch machen, indem man durch das frisch geschöpfte Wasser längstens 30 Min. lang Luft leitet, wodurch alles Eisen gefällt wird. Es versteht sich übrigens von selbst, dafs der Niederschlag, wenn grofse Genauigkeit erreicht werden soll, zu prüfen ist, ob er, wenn auch nur geringe Spuren von kohlensaurem Kalk enthält. Diese Scheidung hat auch den Vortheil, dafs Thonerde welche etwa in geringen Mengen in einem Mineralwasser enthalten ist, vom Eisen getrennt werden kann; denn diese Erde wird durch Luft nicht gefällt.

So zeigt es sich auch bei den Absätzen aus Quellen, wo die Fällung des Eisens stets der der kohlensauren Kalkerde vorhergeht, es sei denn, dafs die Quellen heifs sind, in welchem Falle mit dem verdunstenden Wasser auch ein Theil der halbgebundenen Kohlensäure des Kalkcarbonat sich verflüchtigt, und Eisen mit dem Kalk gleichzeitig, oder wie in *Carlsbad's* Sprudel alternirend gefällt wird.

Auch bei kalten Quellen kann dies geschehen, wenn sie sehr reich an Kalkbicarbonat sind, und wenn das ausfliefsende Wasser lange stagnirt. Da indefs die Eisenocher-Absätze aus kalten Quellen mit Säuren entweder gar nicht oder nur sehr wenig brausen: so ergibt sich, dafs die Fällung des Eisens der kohlensauren Kalkerde stets vorhergeht.

Aus diesem Verhalten ersieht man auch, wie Brauneisenstein-Lager durch Absätze aus Gewässern entstehen können, welche Kalkbicarbonat enthalten, ohne dafs sich Kalkcarbonat, oder doch nur in sehr geringen Quantitäten beimengt.

62. Kieselsäure wird aus einer Lösung von Natronsilicat in kohlensaurem Wasser durch kohlensauren Kalk niedergeschlagen. Durch folgenden Versuch hat sich dies erwiesen. In eine grofse Bouteille wurde ein vollkommen durchsichtiges Kalkspath-Rhomboeder von 166,45 Gran gebracht und die Bouteille mit destillirtem Wasser, welches mit Kohlensäure gesättigt und worin 33,3 Gran künstlich dargestelltes Natronsilicat gelöst war, ganz angefüllt. Die verschlossene Bouteille blieb 1 Jahr 5 Monate und 12 Tage stehen. Da die Kohlensäure das Natronsilicat theilweise zersetzt: so war die Möglichkeit gegeben, dafs die ausgeschiedene Kieselsäure einen Theil des Kalkspath verdrängen würde. Nachdem jene Zeit verflossen war, hatten sich viele grüne Conferven in runden Pünktchen gebildet, womit der Boden der Bouteille und der Krystall übersäet war. Die Krystallflächen hatten ihren Glanz verloren und waren matt geworden; der Krystall war nur noch durchscheinend. Das Wasser wurde zur Trockne abgedampft; der Rückstand brauste stark mit Salzsäure; er enthielt aber nur 0,042 kohlensauren Kalk. Dieses Brausen rührte daher hauptsächlich von entstandenem kohlensauren Natron her.

Der Krystall wurde in Wasser gelegt und von Zeit zu Zeit wurden einige Tropfen Salzsäure zugesetzt. Man konnte deutlich wahrnehmen, wie die aufsteigenden Kohlensäure-Bläschen mikroskopisch kleine Partikelchen einer gallertartigen Substanz mit sich führten. Der Krystall erlangte bald wieder seinen Glanz und seine Durchsichtigkeit. Als das Aufsteigen der Gasbläschen aufgehört hatte, kamen jene Partikelchen beim Umrühren der Flüssigkeit in grofser Menge zum Schwimmen. Es ist demnach nicht zweifelhaft, dafs sich ein Ueberzug von Kieselsäure auf dem Krystall gebildet hatte, welcher seine Durchsichtigkeit verminderte, und dafs dagegen der im Wasser gefundene kohlensaure Kalk in kohlensaurem Wasser aufgelöst worden war. Ein Theil des Kalkspath war demnach durch die Kieselsäure des Natronsilicat verdrängt worden.

Würde man auf den Krystall eine neue Lösung von Natronsilicat in kohlensaurem Wasser gegossen und dies immer wieder erneuert haben: so würde nach einer langen Reihe von Jahren der ganze Kalkspath aufgelöst worden, und an seine Stelle Kieselsäure getreten sein, welche höchst wahrscheinlich die Krystallform desselben angenommen hätte.

Da im Mineralreiche kohlensaure Wasser, welche Natronsilicat enthalten, circuliren: so sind dort die Bedingungen zur Verdrängung der kohlensauren Kalkerde durch Kieselsäure auf gleiche Weise, wie in unserm Versuch gegeben. Die so häufigen Verdrängungs-Pseudomorphosen des kohlensauren Kalk durch Kieselsäure können demnach durch einen solchen Procefs entstanden sein. Die Beschaffenheit dieser Pseudomorphosen entspricht sehr gut einer solchen Bildungsart.

63. Wird zu einem Carbonat A Wasser gesetzt, welches ein Bicarbonat B aufgelöst enthält: so wird von A eine gewisse Menge aufgelöst und von B eine gewisse Menge als neutrales Carbonat gefällt.

Enthält das Wasser neben dem aufgelösten Carbonat freie Kohlensäure: so löst diese noch mehr von A auf.

Zu nachstehenden Versuchen wurden die Carbonate A und B aus der Lösung ihrer Chlorüre durch Fällung mittelst kohlensaurem Kali dargestellt, um sie im feinzer-

theiltesten Zustande zu erhalten. Durch das Wasser, welches das Carbonat B suspendirt enthielt, wurde Kohlensäure 24 Stunden lang geleitet. Dieses aus Kreide durch Schwefelsäure entwickelte Gas wurde vorher durch Wasser geleitet. Die erhaltene Auflösung des Carbonat B enthielt stets freie Kohlensäure.

a. 10000 Th. mit Kohlensäure gesättigten Wassers angewandt; darin waren gelöst (als Bicarbonat) neutraler kohlensaurer Kalk . .	4,5 Th.
Zu dieser Lösung eine willkürliche Menge von kohlensaurem Baryt gesetzt. Nach 48 Stunden die Flüssigkeit abfiltrirt und zur Trockne abgedampft, Abdampf-Rückstand in 10000 Th. Flüssigkeit	7,26 „
mithin Gewichtszunahme	2,76 Th.
Der Abdampf-Rückstand bestand aus kohlensaurem Kalk	4,14 „
kohlensaurem Baryt	3,12 „
	7,26 Th.
Vom aufgelösten kohlensauren Kalk wurden also gefällt 4,5 — 4,14 = ...	0,36 „
Vom zugesetzten kohlensauren Baryt wurden dagegen aufgelöst	3,12 „
Gewichtszunahme 3,12—0,36 =	2,76 Th.

wie oben.

Der Rückstand nach dem Abfiltriren der Flüssigkeit bestand aus kohlensaurem Kalk .	0,77 „
kohlensaurem Baryt	12,33 „
	13,10 Th.

Die Differenz von 0,77 — 0,36 = 0,41 rührt davon her, daſs der angewandte kohlensaure Baryt, obgleich zur Lösung des Chlorbaryum, vor der Fällung durch kohlensaures Kali, Ammoniak gesetzt worden, doch nicht ganz eisenfrei war. Der ganze Eisengehalt hatte sich in obigen 13,1 Th. concentrirt, und da der darin enthaltene kohlensaure Kalk nicht direct bestimmt wurde, so muſste seine Menge zu hoch gefunden werden.

b. Umgekehrt wurde das Verhalten einer Lösung von Barytcarbonat in, mit Kohlensäure gesättigtem Wasser, zu Kalkcarbonat ermittelt. Es wurden gleichfalls 10000 Th.

Flüssigkeit angewandt. Die Menge des aufgelösten Barytcarbonat wurde nicht direct bestimmt, sondern nach einem frühern Versuche berechnet. Sie betrug approximativ . . . . 9 Th.

Nachdem diese Lösung 48 Stunden mit Kalkcarbonat in Berührung gestanden hatte, erhielt man einen Abdampfrückstand von . . . . . 9,84 „

mithin Gewichts-Zunahme 0,84 Th.

Der Abdampfrückstand bestand aus Kalkcarbonat . . . . 1,70 „

Barytcarbonat 8,14 „

9,84 Th.

Vom aufgelösten Barytcarbonat wurden gefällt 9 — 8,14 = ... 0,86 „

Der Rückstand nach dem Abfiltriren der Flüssigkeit bestand aus Kalkcarbonat . . . 4,89 „

Barytcarbonat 0,21 „

5,10 Th.

In diesem Rückstande findet sich daher weniger Barytcarbonat, als nach obiger Rechnung. Die angewandte Lösung enthielt mehr als 9 Th. Barytcarbonat.

Vergleichen wir die Resultate dieses Versuches mit denen des vorigen.

In Nr. 63 a nahm die Kalkcarbonatlösung auf 3,12 Barytcarbonat; in Nr. 63 b nahm die Barytcarbonatlösung auf 1,70 Kalkcarbonat.

Dieses ungleiche Verhalten erklärt sich daraus, dafs das Barytcarbonat leichter löslich in kohlensaurem Wasser ist, als das Kalkcarbonat. Die freie Kohlensäure in beiden Lösungen hatte aber vorzugsweise die Auflösungen der Carbonate bewirkt.

In a ist die Zusammensetzung des Rückstandes nach dem Abfiltriren der Flüssigkeit Barytcarbonat 94,12

Kalkcarbonat 5,88

100,00

In b ist sie Kalkcarbonat 95,88

Barytcarbonat 4,12

100,00

In a ist das Kalkcarbonat (5,88 %) durch theilweise Zersetzung des zugesetzten Barytcarbonat mittelst des auf-

gelösten Kalkbicarbonat, in b ist das Barytcarbonat (4,12 %) durch theilweise Zersetzung des zugesetzten Kalkcarbonat mittelst des aufgelösten Barytbicarbonat gefällt worden.

Es zeigt sich also eine Umkehrung der Wahlverwandtschaften. Dieses Resultat ist zwar nicht unerwartet, aber immerhin merkwürdig, da es Analogien in unserm chemischen Laboratorium findet. Es sind die Massenverhältnisse, welche die Wirkungen der Affinität modificiren. Das Wasser wird durch erhitztes Eisen zerlegt, und Wasserstoff entwickelt; umgekehrt wird das erhaltene Eisenoxyd durch Wasserstoff reducirt und Wasser gebildet. Dort wirkt die verhältnifsmäfsig gröfsere Masse des Eisens, hier die verhältnifsmäfsig gröfsere Masse des Wasserstoffs; dort entweicht der Wasserstoff im Momente seiner Entwickelung, hier das Wasser im Momente seiner Bildung; Wirkungen, welche diesen Processen entgegentreten könnten, können daher nicht stattfinden.

Ebenso verhält sich's bei den pseudomorphischen Processen im Mineralreich. Die Masse der in den Wassertropfen gelösten Substanzen, welche auf ein Mineral fallen, ist eine verschwindende Gröfse im Verhältnifs zur Masse dieses Minerals. Findet eine chemische Wirkung zwischen jenen Substanzen und denen in diesem statt: so ist es die grofse Masse der letzteren, welche die Affinitätsgesetze regulirt oder modificirt.

So erklärt sich ganz genügend, wie in a das feste Barytcarbonat das aufgelöste Kalkbicarbonat, in b umgekehrt das feste Kalkcarbonat das aufgelöste Barytbicarbonat zersetzte. In beiden Fällen wirkten die gröfseren Massen der Zersetzungsmittel im Verhältnifs zu den geringen in den Lösungen enthaltenen Massen, welche mit jenen in Berührung kamen. Dafs das in a gefällte Kalkcarbonat mehr, als das in b gefällte Barytcarbonat beträgt, ist in Uebereinstimmung mit dem Verhalten, dafs bei pseudomorphischen Processen entstehende leichtlöslichere Verbindungen fortgeführt werden, entstehende schwerlöslichere an ihre Stelle treten. In dem vorliegenden Falle wurde von dem leichtlöslicheren Barytcarbonat mehr als vom schwerlöslichen Kalkcarbonat fortgeführt, daher blieb von jenem in a weniger als von diesem in b zurück.

Zum Versuche a wurden 15,45 Th. Barytcarbonat angewandt. Davon wurden 3,12 Th. = 20 % fortgeführt, und an deren Stelle traten nur 0,36 Th. Kalkcarbonat. Wäre das Barytcarbonat nicht ein chemischer Niederschlag, sondern ein Krystall gewesen, so würde eine sehr poröse Pseudomorphose entstanden sein. Abstrahirt man von den Säuerlingen: so gehören im Mineralreiche die mit Kohlensäure gesättigten Gewässer zu den Seltenheiten. Enthält eine wässerige Lösung von Kalkbicarbonat keine freie Kohlensäure: so ist es blofs die halbgebundene Kohlensäure, welche verdrängend wirkt, indem sie vom Kalkcarbonat zum Barytcarbonat übergeht, wodurch dieses fortgeführt, jenes abgesetzt wird. Der Quotient aus dem spec. Gew. des Witherit in dessen Aequivalentzahl verhält sich zum Quotient aus dem spec. Gew. des Kalkspath in dessen Aequivalentzahl wie 1 : 0,8. In diesem Verhältnifs vermindert sich daher das Volumen des Witherit, wenn seine Umwandlung in Kalkspath vollendet ist. Also selbst unter diesen Umständen entsteht eine sehr poröse Pseudomorphose.

Wie schnell solche Pseudomorphosen von Statten gehen, wenn mit Kalkbicarbonat und freier Kohlensäure gesättigte Gewässer auf Barytcarbonat wirken, zeigt der Versuch a. Würde man 5 Mal so viel Wasser mit diesem Carbonat in Berührung gebracht haben, oder würde man, um die Processe im Mineralreiche nachzuahmen, eine solche Wassermenge nach und nach über das Barytcarbonat geleitet haben: so würde dieses in ungefähr 10 Tagen vollständig verdrängt worden sein. Im Mineralreiche sind es aber nicht Wasserströme gesättigter Auflösungen, welche über Mineralien fliefsen, sondern es sind meist nur Tropfen sehr verdünnter Auflösungen, welche in langen Zeitintervallen mit denselben in Berührung kommen. Daher die langen Zeiträume, welche zu den pseudomorphischen Processen im Mineralreich erforderlich sind.

Sind die Gewässer mit Kalkbicarbonat ganz oder fast ganz gesättigt, fliefsen sie so langsam zu und ab, dafs sie auf dem Barytcarbonat-Krystall stagnirend theilweise verdunsten: so setzen sie Kalkcarbonat ab. Dieses kommt zu demjenigen, welches durch Austausch zwischen dem

gelösten Kalkbicarbonat und dem Barytcarbonat des Krystalls entsteht. Der Absatz des Kalkcarbonat kann sich dann so vermehren, dafs er ebensoviel beträgt, als das fortgeführte Barytcarbonat. Da das Barytbicarbonat leichter löslich als das Kalkbicarbonat ist: so hat die theilweise Verdunstung der Gewässer keinen Einflufs auf die Fortführung des Barytbicarbonat. Auf diese Weise entsteht eine nicht poröse Pseudomorphose.

Kapitel II.

Krystallisation und Pseudomorphosen.

A. Krystallisation.

Krystallisation und bestimmte Mischungsverhältnisse sind wesentlich miteinander verknüpfte Dinge, mag die Krystallisation in feuerflüssigen Massen oder in den wässerigen und anderen Flüssigkeiten oder in festen amorphen Substanzen von Statten gehen. Der gebildete Krystall bewahrt seine Gestalt; er kann sich aber auf nassem Wege vergröſsern, wenn Flüssigkeiten, welche seine Bestandtheile gelöst enthalten, ihm fortwährend zugeführt werden. Er kann sich selbst chemisch verändern, es kann sogar seine ganze Masse fortgeführt werden, und eine andere an ihre Stelle treten, ohne daſs sich seine Gestalt ändert, wie dies die Pseudomorphosen zeigen.

Im Mineralreich ist das Wasser die einzige Flüssigkeit, in der Krystallisationen auf nassem Wege erfolgen. Der einfachste Act der Krystallisation ist, wenn das Wasser die krystallisationsfähige Substanz schon in chemischer Verbindung nach bestimmten Mischungsverhältnissen enthält, z. B. Kochsalz.

Mehr zusammengesetzt ist der Act, wenn Krystallisationswasser in die Mischung eingeht, weil dann eine bestimmte Menge Wasser aus dem nach unbestimmtem Mischungsverhältniſs vorhandenen Lösungswasser aufgenommen werden muſs. (Krystallisation des wasserhaltigen schwefelsauren Kalk.)

Ebenso verhält sich's, wenn zwei krystallisationsfähige Substanzen nach unbestimmten Verhältnissen im Wasser gelöst sind, welche sich durch den Act der Krystallisation zu einer Verbindung nach einem bestimmten Mischungsverhältniſs vereinigen. Hierbei muſs der Ueberschuſs der einen oder andern Substanz ausgeschieden werden. In manchen Fällen ist die Krystallisation mit einer Aufnahme

von Wasser verknüpft (schwefelsaure Thonerde und schwefelsaures Kali geben in Verbindung mit Wasser wasserhaltigen Alaun).

Eine bestimmte Gestalt chemischer Verbindungen setzt bestimmte Mischungsverhältnisse voraus. Nicht aber ist jene stets an diese geknüpft; denn es gibt sowohl künstliche als natürliche nach bestimmten Verhältnissen gemischte Verbindungen, welche amorph sind. Mit Ausnahme der Salze ist es die Mehrzahl der künstlichen Gemische, welche nicht zur Krystallisation zu bringen sind, während viele unter diesen im Mineralreiche vorkommenden Verbindungen krystallisirt sich finden. Dies zeigt, dafs diesem Reiche Mittel zur Krystallisation zu Gebote stehen, welche uns unbekannt sind oder von uns nicht angewendet werden können.

Wo die Krystallgestalt fehlt, da bleiben dem Mineralogen zur Bestimmung gegebener Mineralien nur die andern äufseren Kennzeichen übrig, und wo diese nicht genügen, mufs die chemische Analyse entscheiden. Es zeigt sich dann nicht selten eine so nahe Uebereinstimmung mit dem vermutheten Mineral im krystallisirten Zustande, dafs die Identität nicht zu bezweifeln ist, und dafs sich dieselben bestimmten Mischungsverhältnisse im amorphen wie im krystallisirten Mineral finden.

Da die Krystallisation eine Kraft ist, welche das für die Constitution der Krystalle Fremdartige ausscheidet: so sind in der Regel krystallisirte Mineralien freier von Beimengungen als amorphe.

Manche Mineralien von gleicher Krystallgestalt und von nahe gleichen physikalischen Eigenschaften zeigen eine aufserordentliche Mannichfaltigkeit in ihren Mischungsverhältnissen [1]): namentlich die Glimmerarten. Hier bleibt es ungewifs, ob die Natur wirklich eine solche Mannichfaltigkeit in der Mischung mit einer solchen Einförmigkeit verknüpfen kann, oder ob vielleicht solche Glimmer Verbindungen (vielleicht blose Gemenge) einiger weniger Species von abweichenden aber bestimmten Mischungsverhältnissen nach unbestimmten relativen Verhältnissen sind.

---

[1]) Vergl. Nordenskiöld, Beitrag zu der Lehre vom krystallogr. Isomorphismus und Dimorphismus. Jahresber. 1859, S. 8.

Die im Mineralreiche krystallisirt vorkommenden chemisch einfachen Stoffe haben vorzugsweise einfache stereometrische Formen; nur der rhombische Schwefel und das rhomboëdrische Antimon, Arsenik, Wismuth und Tellur ausgenommen. Zum tesseralen Krystallsystem gehören: Diamant, Gold, Silber, Platin, Palladium, Iridium, Kupfer, Eisen und Blei. Wahrscheinlich würden die übrigen Metalle in denselben einfachen Formen erscheinen, wenn ihre Existenz im gediegenen Zustande möglich wäre. Berechtigt sind wir gewifs ihnen Krystallisationsfähigkeit zuzuschreiben.

Unter den zusammengesetzten Stoffen des Mineralreichs sind es zwar mehrere, welche gleichfalls dem tesseralen Krystallsystem angehören; bei weitem die meisten derselben besitzen aber die mannichfaltigsten den übrigen Krystallsystemen zugehörigen Formen. Im Allgemeinen kann man annehmen, dafs die Krystallformen der Mineralien um so mannichfaltiger werden, je gröfser die Zahl ihrer Bestandtheile ist.

In den Mineralien, sowie in den künstlich dargestellten Verbindungen, finden sich Bestandtheile, welche für sich nicht krystallisationsfähig sind und erst in Verbindung mit krystallisationsfähigen zur Krystallisation kommen. Dies gilt namentlich vom Sauerstoff, also von demjenigen Stoff, der in gröfster Menge im Mineralreiche vorkommt.

Schwefelsaure Thonerde, welche schwierig zum Krystallisiren zu bringen ist, gibt mit schwefelsaurem Kali ein Doppelsalz, welches sich durch seine grofse Krystallisationsfähigkeit auszeichnet.

Thonerdetrisilicat und Kalitrisilicat existiren als solche im Mineralreiche nicht. Eine ausgezeichnete Krystallisationsfähigkeit besitzt aber die Doppel-Verbindung beider Silicate, nämlich der Feldspath.

Bemerkenswerth ist indefs, dafs Oxyde für sich allein so selten krystallisirt sich finden. Es sind nur die Oxyde des Silicium (Quarz), Aluminium (Saphir, Korund), Eisen, Mangan, Zink, Zinn, Blei, Kupfer, Antimon, Titan und Uran, welche krystallisirt vorkommen.

Oxyde, welche mehr oder weniger leichtlöslich sind und grofse Verwandtschaft zur Kohlensäure haben (Al-

kalien und alkalische Erden) können weder krystallisirt noch amorph im Mineralreiche existiren.

Verbinden sich zwei krystallisationsfähige Stoffe: so entstehen stets krystallisirte Verbindungen. Der Schwefel, dieser so sehr krystallisationsfähige Stoff, gibt mit allen Metallen krystallisirte Verbindungen, mögen es einfache oder zusammengesetzte Schwefelmetalle sein.

Die nicht krystallisirbare Kohlensäure (die künstlich dargestellte feste Kohlensäure ist amorph) gibt mit vielen Basen Carbonate, welche stets krystallisationsfähig sind. Unter diesen ist es der Kalkspath, der sich durch seinen Reichthum an Krystallformen auszeichnet, und darin alle andern Mineralspecies übertrifft.

Die in so hohem Grade krystallisationsfähige Kieselsäure liefert in ihren Verbindungen mit den Basen bei weitem die Mehrzahl aller Mineralien. Diese Verbindungen sind, seltene Fälle ausgenommen, krystallisationsfähig und kommen auch in den mannigfaltigsten Krystallformen vor. Die Fähigkeit dieser Säure, sich mit mehreren Basen zu zusammengesetzten Silicaten zu verbinden, zeichnet sie aus; denn die Verbindungen anderer Säuren mit mehreren Basen zu zusammengesetzten Salzen gehören zu den Seltenheiten. Es ist nur die Kohlensäure, welche in dieser Beziehung mit der Kieselsäure zu vergleichen ist; denn diese Säure besitzt gleichfalls die Fähigkeit, sich mit mehreren isomorphen Basen (Kalk, Magnesia, Eisen- und Manganoxydul) zu zusammengesetzten Carbonaten zu verbinden.

Es ist nicht ohne Bedeutung, dafs grade diese beiden im Mineralreiche am meisten verbreiteten Säuren diese Eigenschaft besitzen. Sie lassen daher den chemischen Processen im Mineralreiche freien Spielraum zur Bildung der mannichfaltigsten Verbindungen zu Silicaten und Carbonaten. Eine nicht minder beachtungswerthe Analogie zwischen beiden Klassen von Salzen zeigt sich darin, dafs die am meisten verbreiteten einfachen und zusammengesetzten wasserfreien Carbonate, mit Ausnahme des Arragonit, demselben Krystallsystem angehören, und dafs auch die nur wenige Basen enthaltenden Silicate, Orthoklas und seine verschiedenen Varietäten, demselben Krystallsystem, dem klinorhombischen, und dafs Albit, Oligoklas,

Labrador und Anorthit, gleichfalls demselben Krystallsystem, dem klinorhomboidischen angehören.

Krystallisation ist das sicherste Kennzeichen einer eingetretenen chemischen Verbindung. Sind im Wasser zwei Salze gelöst, und scheidet sich beim Abdampfen der Lösung das schwerlöslichere früher, das leichtlöslichere später, und jedes in seiner eigenthümlichen Krystallform aus: so ist es unzweifelhaft, dafs sich beide Salze nicht zu einem Doppelsalz verbinden können. Erfolgt dagegen nicht eine solche partielle Ausscheidung, sind die Krystalle durchgängig von gleicher Form, so ist es ebenso unzweifelhaft, dafs ein Doppelsalz entstanden ist.

Dem Chemiker stehen verschiedene Mittel zu Gebote, Krystallisation zu veranlassen. Das gewöhnliche ist das Abdampfen der Lösung der krystallisationsfähigen Substanzen. Da sich die Krystalle um so vollständiger ausbilden und um so gröfser werden, je langsamer der Uebergang aus dem gelösten in den festen Zustand erfolgt: so dampft er bei gelinder Wärme, sogar bei gewöhnlicher Lufttemperatur ab. Bleiben im chemischen Laboratorium Salzlösungen in hohen Gläsern, in denen die Verdunstung noch langsamer, als in flachen von Statten geht, Jahre lang stehen: so wird man durch ungewöhnlich grofse Krystalle überrascht [1]).

Erfolgt die Krystallisation beim vollen Sieden, wie in chemischen Fabriken, so setzen sich die Krystalle auf dem Boden und an den Wänden des Abdampfgefäfses ab. Wird die Lauge, wie gewöhnlich im chemischen Laboratorium, unter der Siedhitze abgedampft: so entstehen in Folge der Erwärmung von unten aufsteigende Strömungen der Flüssigkeit. Die auf der Oberfläche mit der Luft in Berührung kommenden Theilchen kühlen sich ab; ist die Lauge schon bis zum Sättigungspunkte concentrirt, und findet ein bedeutender Unterschied in der Löslichkeit des krystallisirenden Salzes bei ungleichen Temperaturen statt, so entstehen kleine auf der Flüssigkeit schwimmende

[1]) So fand ich in einer Kochsalzlösung, welche mehrere Jahre in einem hohen Glase gestanden hatte, und ganz eingetrocknet war, einen fast zollgrofsen Kochsalzkrystall.

Krystalle, welche nach und nach zu Boden sinken. Eine solche Krystallisation durch Erwärmen der Flüssigkeit von unten findet etwa nur in manchen Kraterseen noch thätiger Vulkane statt; sonst nirgends.

Weiter als bis zur Krystallisation von Doppelsalzen reicht die künstliche Darstellung nicht. Im Mineralreiche finden wir dagegen aus drei, vier und noch mehreren Carbonaten, Silicaten, Schwefelmetallen zusammengesetzte krystallisirte Verbindungen.

Substanzen, welche im heifsen Lösungsmittel viel leichtlöslicher, als im kalten sind, bringt der Chemiker zur Krystallisation durch Abkühlen der gesättigten heifsen Lösung. Je langsamer diese Abkühlung desto gröfser und vollkommener die Krystalle. Daher erhält man in chemischen Fabriken, wo grofse Massen heifser Alaun- und Salpeter-Laugen zum Krystallisiren gebracht werden, so grofse und vollkommen ausgebildete Krystalle, weil solche Massen sehr langsam abkühlen.

Krystallisationen durch Abkühlung heifser Lösungen können im Mineralreiche nur da gedacht werden, wo heifse aufsteigende Quellen abfliefsen und erkalten. Die krystallinischen Kalkabsätze aus manchen Thermen sind Beispiele dieser Art. Da es indefs nicht die Abkühlung, sondern die Entweichung der halbgebundenen Kohlensäure ist, welche diese Abscheidung bewirkt, und diese Entwicklung rasch erfolgt: so fehlt es an Zeit zur Bildung von Kalkspath-Krystallen; es entstehen nur krystallinische Absätze. Die Entweichung der halbgebundenen Kohlensäure geht um so schneller von Statten, je heifser das Wasser ist; daher sind die Kalksinter um so mehr krystallinisch, je weniger warm das Wasser ist. Dies zeigt sich sehr auffallend, wenn man die dem körnigen Kalkstein so auffallend ähnlichen Dornsteine auf der Saline von *Nauheim* mit dem wenig krystallinischen Kalksinter *Carlsbads* vergleicht, was damit übereinstimmt, dafs die Thermen *Nauheims* eine viel niedrigere Temperatur haben als die von *Carlsbad*.

Dafs sich durch Abkühlung wässriger Lösungen krystallinische Silicate bilden können, ist nicht zu vermuthen, da die Silicate mit Ausnahme der alkalischen sehr schwer-

löslich sind, und da zwischen der Löslichkeit solcher Substanzen im heifsen und im kalten Wasser keine grofse Differenz statt zu finden scheint. Ueber Absätze aus aufsteigenden Quellen überhaupt vergl. Kap. IX.

Mancherlei Verhältnisse sind es, welche die Krystallisation theils fördern, theils hindern. Wenn Salze nicht krystallisiren wollen: so bringt der Chemiker einen Krystall von dem Salze, welches nicht krystallisiren will, in die Lauge. Es ist die Verknüpfung zweier Kräfte, die hier wirken: die Attraction, vermöge welcher leichtbewegliche gleichartige oder ungleichartige Körper sich nähern und die Krystallisation, welche nur die Anziehung gleichartiger Körper gestattet [1]). Wir sehen, wie jene Kraft sich bei Körpern äufsert, die auf Wasser schwimmen, und ebenso beim Anhaften des in der Luft schwebenden Staubes an den Wänden und an der Decke in unsern Zimmern. Bei den auf Wasser schwimmenden Körpern ist die Anziehung gegenseitig, beim Anhaften des Staubes einseitig. Dort wirkt die Schwerkraft nicht entgegen, da die sich anziehenden Körper in horizontaler Lage sich befinden; hier aber mufs die Schwere des Staubes durch die Attractionskraft, welche die senkrechten und die hangenden Flächen ausüben, überwunden werden.

Krystallinische Niederschläge entstehen häufig erst beim Umrühren der Salzlösungen. So pflegt man, wenn bei der Prüfung auf Magnesia-Salze durch phosphorsaures Ammoniak nicht sogleich der krystallinische Niederschlag von phosphorsaurer Ammoniak-Magnesia erfolgt, die Flüssigkeit mit dem Glasstabe zu rühren. Ist eine noch sichtbare Menge von diesem Doppelsalze gebildet worden, so gibt sie sich durch eine Trübung der Flüssigkeit zu erkennen. Dasselbe findet statt, wenn Weinsäure zu gelösten Kalisalzen oder, wenn zu neutralem weinsaurem Kali eine andere Säure gesetzt wird. In diesen Fällen

[1]) Nach Lowitz bringt in einer heifs bereiteten und erkalteten Auflösung von Salpeter und Glaubersalz zugleich ein Salpeterkrystall das Anschiefsen blos von Salpeter, ein Glaubersalzkrystall blos von Glaubersalz zuwege, während aus der sich selbst überlassenen Auflösung beide Salze durcheinander krystallisiren.

bildet sich stets das so sehr krystallisationsfähige, schwerlösliche saure weinsaure Kali. Sind die Lösungen sehr verdünnt, so erscheint der krystallinische Niederschlag erst beim Umrühren der Flüssigkeit.

Die am nächsten liegende Ursache dieser Erscheinungen ist, dafs das Fällungsmittel (in jenen Beispielen das phosphorsaure Ammoniak, die Weinsäure u. s. w.) durch Umrühren in vielfache Berührung mit den gelösten Salzen kommt; dies kann aber nicht die einzige Ursache der Krystallisation sein, denn viele Beispiele liegen vor, wo selbst nach anhaltendem Rühren doch keine Trübung erfolgt, sondern erst nach längerer Zeit. Setzt man zu einer Flüssigkeit, welche nur Spuren von Kalksalzen enthält, oxalsaures Ammoniak: so zeigt sich auch nach langem Rühren keine Trübung. Läfst man aber die Flüssigkeit ruhig und in gelinder Wärme stehen: so bildet sich manchmal erst nach 24 Stunden ein noch wägbarer Niederschlag. Der oxalsaure Kalk gehört zu den schwerlöslichsten Salzen (der Chemiker nimmt ihn für unlöslich); wie ist es daher zu denken, dafs erst nach langer Zeit seine Schwerlöslichkeit sich äufsern sollte? Der schwefelsaure Baryt, der aus sehr verdünnten Lösungen und Barytsalzen durch Schwefelsäure gebildet wird, verhält sich ebenso u. s. w.

Hierher gehört noch die bekannte Erscheinung, dafs eine siedendheifse concentrirte Lösung von schwefelsaurem Natron in Wasser beim Erkalten nicht krystallisirt, wenn auf sie eine Schicht Terpentinöl gegossen wird, welche den Zutritt der Luft abschliefst, dafs aber die Krystallisation wie durch eine Zauberei beginnt, wenn ein fester Körper, zum Beispiel eine Glasröhre, hineingebracht wird. Dazu ist ein Umrühren nicht erforderlich. Dafs Wasser bei völliger Ruhe mehrere Grade unter Null liquid bleiben kann, und erst dann erstarrt, wenn es umgeschüttelt oder an das Gefäfs geklopft wird, ist eine längst bekannte Erscheinung.

In chemischen Fabriken hängt man in die grofsen Krystallisir-Gefäfse Rechen, oder man zieht Fäden quer durch dieselben, um den sich bildenden Krystallen mehr Anhaltepunkte zu gewähren. Die Anziehung liquider

Körper durch feste ist eine allgemein bekannte Erscheinung, die sich in der Ebbe und Fluth am grofsartigsten zeigt. Dafs aber durch diese Anziehung aufgelöste Stoffe ausgeschieden, mithin durch mechanische Kräfte chemische Wirkungen hervorgebracht werden sollten, ist nicht denkbar. Die Glasstäbe, die Rechen und Fäden, welche als Krystallisationsmittel dienen, können nur in sofern Krystallisation hervorrufen, als sie die Attraction schon gebildeter Krystallmoleküle bewirken.

Krystalle mancher Salze sind, in der Lauge liegend, so vollkommen durchsichtig, dafs man sie in den porzellanenen Abdampfschaalen erst bemerkt, wenn durch Neigung der Schaalen die Krystalle blosgelegt werden.

Wenn grofse Krystalle so durchsichtig erscheinen: so können Krystallmoleküle, durch deren regelmäfsige Gruppirung mehr oder weniger grofse Krystallindividuen entstehen, nicht minder durchsichtig sein. So kann man sich die Existenz von unsichtbaren in der Flüssigkeit schwebenden Krystallmolekülen denken, welche erst sichtbar werden, wenn die Flüssigkeit in Bewegung gesetzt wird und dadurch die Moleküle Gelegenheit bekommen, sich zu vereinigen. Unter diesen Umständen können sie sich ebensowenig regelmäfsig gruppiren, als die beim Rühren der Zuckerlösung in den Hutformen sich bildenden Krystalle: es entsteht ein Haufwerk von aneinanderhaftenden Krystallen, deren Axen in verschiedenen Richtungen liegen. Deshalb kann das Haufwerk nicht durchsichtig sein. Derselbe Zucker, in weniger concentrirter Lösung, in den mit Fäden durchzogenen Gefäfsen ruhig krystallisirend, gibt dagegen Krystalle (Kandiszucker), welche sich durch ihre Durchsichtigkeit und Regelmäfsigkeit auszeichnen. Bei dieser Krystallisation kann sich die Anziehung der Moleküle durch die Fäden frei äufsern: es erfolgt eine regelmäfsige Gruppirung und durchsichtige Krystalle entstehen.

Chemische Niederschläge gehen nicht selten durch die Poren des Filtrirpapiers, unter andern ist es der schwefelsaure Baryt, der diese dem Chemiker so lästige Eigenschaft besitzt. Manchmal geschieht es, dafs eine vollkommen klare Flüssigkeit vom Niederschlage abfiltrirt, die

sich jedoch nach und nach trübt, ohne dafs eine äufsere Ursache, etwa atmosphärischer Sauerstoff oder Kohlensäuregas, dies bewirkt. Auch diese Erscheinung zeigt sich unter Anderem beim gefällten schwefelsauren Baryt. In diesem Falle mufs ein Theil des Niederschlags entweder im aufgelösten oder so feinzertheilten Zustande durch das Filter gehen, dafs er nicht mehr sichtbar ist und erst sichtbar wird, wenn sich die kleinen Theilchen durch Attraction zu gröfseren Aggregaten vereinigt haben.

Beim Zerreiben und Schlämmen verschiedener Substanzen geschieht es nicht selten, dafs die geschlämmte Flüssigkeit trüb durch das Filter geht. Also selbst auf mechanischem Wege kann die Zertheilung so weit fortschreiten, dafs die Theilchen kleiner als die Poren des Papiers werden. Selbst Flufswasser enthalten so feine schwebende Theilchen, dafs sie nicht klar filtrirt werden können.

Diese durch mechanische Zertheilung erhaltenen feinen Theilchen sind amorph und leicht mit dem Auge wahrzunehmen. Es fragt sich, ob sie auch dann noch wahrgenommen würden, wenn sie vollkommen durchsichtige Kryställchen wären, welche ebenso wenig, wie jene amorphen Theilchen, auf dem Filter gesammelt werden könnten. Niemand wird aber solche durch's Filter gehende Kryställchen für Krystallmoleküle halten wollen. Sollten die weiter unten erwähnten farblosen durchsichtigen Bergkryställchen von $\frac{1}{250000}$ Linie Dicke oder die schwarzen Magneteisenkryställchen von $\frac{1}{15000000}$ Linie Dicke im Moment, wo sie sich beim Verdunsten des Wassers ausscheiden, in diesem noch wahrnehmbar sein? (Seite 107).

Die Krystallisation mancher Substanzen wird bei Gegenwart fremder bald befördert, bald vermindert; die Chemie bietet viele Beispiele dieser Art dar. So krystallisirt phosphorsaures Natron am besten aus seiner Lösung, wenn diese etwas kohlensaures Natron enthält. Die Weinsäure krystallisirt leicht aus ihrer Lösung, wenn diese nur eine geringe Menge Schwefelsäure enthält; nicht aber aus einer Lösung, in welcher weinsaurer Kalk in der Weinsäure gelöst ist. Der so leicht krystallisirbare Zucker krystallisirt nicht aus einer Gummi haltenden Lösung.

Im Mineralreiche finden gewifs ähnliche Verhältnisse

statt. Es ist denkbar, dafs in manchen Fällen die Gegenwart eines fremden Stoffs in einer Flüssigkeit die Krystallisation eines Minerals verhindert habe. Das Vorkommen so vieler Mineralien, bald im krystallisirten, bald im amorphen Zustande weiset auf ein solches Verhalten hin.

Die Dornsteine von der Saline *Neusalzwerk* bestehen in den ersten Gradirwänden aus kohlensaurem Kalk mit so viel Eisenoxydhydrat, dafs sie wie Eisenocherabsätze aussehen. Sie zerbröckeln dann meistens unter den Fingern und haben ein erdiges Ansehen. Vergebens suchte ich nach einer körnigen Structur in den Absätzen der Bohrlochsoole zu *Neusalzwerk*. Selbst die letzten, nur noch 3,16 % Eisenoxydhydrat haltenden Absätze bilden ganz dichte Kalksteine.

Der 25,°6 R. warme Soolsprudel zu *Nauheim* setzt in einem dem Fassungsbassin der Quelle zunächst gelegenen Canal eine schlammige Masse ab, die nach dem Trocknen ein lockeres zimmetfarbenes Pulver darstellt. In gröfserer Entfernung von der Quelle wird der Absatz immer heller, fester und dichter. Dafs er dann eine krystallinisch körnige Structur annimmt, sehen wir aus der Beschaffenheit der dortigen Dornsteine. Denn diese Absätze bestehen aus vollkommen körnigem Kalk, der besonders deutlich in den weifsen, mit ochergelben abwechselnden Ringen derselben wahrzunehmen ist (Kap. XIX).

Obgleich schon aus dem Vorstehenden hervorzugehen scheint, dafs sich der kohlensaure Kalk aus Gewässern um so mehr krystallinisch körnig absetzt, je weniger sich gleichzeitig andere Bestandtheile, namentlich Eisenoxydhydrat, mit absetzen: so war es doch von besonderem Interesse, dies durch nachstehende Analysen noch mehr zu constatiren.

	I.	II.
Kohlensaurer Kalk	98,82	94,31
Kohlensaure Magnesia	0,12	1,35
Eisenoxyd	0,92	2,43
Kieselsäure, eisenhaltig	0,14	1,91
	100,00	100,00

I. Dornstein von *Nauheim*.

II. Dornstein von *Höppe* bei *Werl*.

Der Dornstein I erscheint als ein ziemlich reiner, der Dornstein II dagegen als ein sehr unreiner kohlensaurer

Kalk. Es ist daher nicht zweifelhaft, dafs der viel gröfsere Gehalt an Eisenoxyd und Kieselsäure im letzteren dessen krystallinisch körnige Ausbildung verhindert hat.

Krystallisirt der kohlensaure Kalk aus wässriger Lösung in Räumen, welche mit der Luft nicht oder doch nur in beschränktem Grade communiciren, wo mithin das Eisenoxydul nicht in Eisenoxydhydrat übergehen kann: so krystallisiren Doppelcarbonate von Kalkerde und Eisenoxydul, welche, als isomorphe Basen in unbestimmten Verhältnissen verbunden, so häufig im Mineralreich vorkommen.

Bei Gegenwart von fremden Substanzen in einer gegebenen Lösung wird die Krystallgestalt auch häufig modificirt. So krystallisirt das Kochsalz gewöhnlich in Würfeln, die sich treppenartig aneinanderlagern; bei Gegenwart gewisser organischer Materien schiefst es auch wohl in Octaëdern an. Nach R. V. Tuson[1]) schied sich dasselbe in Form nadelförmiger rectangulärer Prismen an animalischen Substanzen aus, die mit Zusatz von Salz längere Zeit aufbewahrt waren.

Fr. Scharff[2]) zeigte, dafs es Fälle gibt, wo man das Wachsen der Krystalle nicht aus einer blofsen Juxtaposition erklären kann, sondern wo man ein Hineinziehen der Gewässer, welche das Material zu ihrer Fortbildung enthalten, in das Innere der wachsenden Krystalle annehmen mufs. Solche Fälle finden statt bei Krystallen, besonders säulenförmigen, welche auf einer schiefen Kluftfläche, auf der sie stets über die abfliefsenden Gewässer sich erheben würden, frei stehen, oder in einer trocknen Geode von allen Seiten in den innern freien Raum hineinragen. Der Kalkspath von *Traversella* ist aus Bitterspath, auf welchem er sitzt, hervorgegangen; er umschliefst noch dessen hohle Formen mit mehligem Rückstande oder auch mit Krystallresten. Auf einem noch vorhandenen Bitterspath sitzen die jungen Kalkspathkrystalle dicht gedrängt. Eine andere Gruppe von diesen sitzt daneben um die Reste eines bereits aufgezehrten Bitterspathes. Entweder mufste den einen oder anderen dieser Gruppen

1) Jahresber. 1860 S. 117.

2) Aus der Naturgeschichte der Krystalle, in den Abhandlungen der Senkenbergischen Gesellschaft.

das Material nach oben zugeführt werden; denn auf einem Bitterspath sitzen die Schmarotzer unten, auf dem anderen oben. Diese Verhältnisse entsprechen der Ansicht, dafs den Bitterspathen der kohlensaure Kalk zur Bildung der Kalkspathe direct entzogen wurde; denn in diesem Falle konnte das Material im Innern der sich bildenden Krystalle nach allen Richtungen hin geführt werden.

Scharff wirft die Frage auf, welche Kraft führt das Material zum Wachsen des Krystalls an dem benachbarten, selbst Zufuhr suchenden Krystall vorüber oder darüber weg, oder hebt es an den äufseren Wänden der Säule hinauf? — Ist es die Anziehungskraft, so würde sie das Material in der Mitte des Krystalls festhalten und nur Kugeln zu Stande bringen; ist es Capillarität, so würde sie es nicht auf den Gipfel der Pyramiden erheben können.

Beachtet man, dafs Veränderungen, welche Krystalle erleiden, sehr häufig von den Spaltungsflächen ausgehen, dafs mithin die Substanzen, welche sie bedingen, in diese capillaren Zwischenräume durch Gewässer eingeführt werden: so liegt es nach meiner Ansicht nahe, zu vermuthen, dafs auch das zum Fortwachsen der Krystalle bestimmte Material dieselben Wege einschlagen werde. Das Fortwachsen würde dann an die Zuführung gleichartigen Materials, die Veränderung der Krystalle an die Zuführung ungleichartigen Materials, welches im Stande ist durch gegenseitige Zersetzung neue Producte hervorzubringen, geknüpft sein.

Diese Vorgänge hören auf hypothetische Vorstellungen zu sein, wenn man die Erscheinungen der Efflorescenz, wie man sie in den chemischen Laboratorien so häufig zu beobachten Gelegenheit hat, ins Auge fafst. Aus Salzlösungen, welche einer allmäligen Verdunstung überlassen sind, erheben sich an den Wänden der Gefäfse krystallinische Salzkrusten, welche nicht selten den Stand derselben erreichen und sich sogar über diesen hinweg an den äufseren Wänden bis zum Fufse hinabziehen. Nirgends kann sich die Wirkung der Capillarität auf eine augenscheinlichere Weise als bei solchen Efflorescenzen zeigen. Ich habe im Laboratorium häufig mit Salzlösungen erfüllte Glascylinder von einem Fufs und noch mehr

Höhe, welche Jahre lang zufällig stehen geblieben waren, an den inneren wie an den äufseren Wänden mit Salzkrusten überzogen gefunden. Die Salzlösung legte daher auf- und abwärts einen Weg von zwei Fufs und noch mehr Länge zurück.

Diese so bekannten Erscheinungen erklären sich ganz einfach daraus, dafs die an den Wänden der Gläser zunächst der Oberfläche der Salzlösung sich ansetzenden kleinen Krystalle zwischen ihren Flächen und den Wänden capillare Zwischenräume bilden, durch welche die Flüssigkeit aufsteigt, und durch Verdunstung auf diese Krystalle neue absetzt, wodurch sich diese Zwischenräume in die Höhe ziehen. Da sich die Salzlösung durch dieses Aufsteigen, so wie durch die Verdunstung auf ihrer Oberfläche fortwährend vermindert: so würde das untere Ende der capillaren Zwischenräume bald aufser Berührung mit der Flüssigkeit kommen, wenn nicht neue Krystalle an die Wände des Glases sich ansetzten und dadurch diese Zwischenräume auch nach unten sich verlängerten. Durch Zusammenwirken dieser Vorgänge bleiben die immer höher sich hinaufziehenden Zwischenräume stets in Communication mit der Salzlösung, und das capillare Aufsteigen fährt fort bis zur gänzlichen Verdunstung derselben.

Die auf einer Seite von den äufseren Flächen der Krystalle, auf den anderen vom Gefäfse begrenzten Zwischenräume sind ganz analog den im Innern der Krystalle von beiden Seiten mit Krystallflächen begrenzten Spaltungsflächen. Wie dort, so bewirkt auch hier die Capillarität die Bewegung der Flüssigkeiten von unten nach oben oder von oben nach unten. Die Schwierigkeit, welche Scharff darin erblickt, dafs durch Capillarität die Flüssigkeit nicht bis zum Gipfel der Pyramide geführt werden könnte, dürfte daher durch die Erscheinungen der Efflorescenz beseitigt werden.

Da manche Salze im hohen Grade, andere nur wenig oder gar nicht zur Efflorescenz geneigt sind: so warf ich in meinen chemischen Vorlesungen wiederholt den Gedanken hin, dafs diese Erscheinung im Zusammenhange mit den Krystallformen der efflorescirenden oder nicht efflorescirenden Salze stehen möchte. Einer meiner Zuhö-

rer [1]), ein junger talentvoller Mann, griff diesen Gedanken auf, dies veranlaſste mich, diese Erscheinungen zum Gegenstande einer Preisfrage im naturwissenschaftlichen Seminar zu wählen. Durch eine groſse Zahl mit Sorgfalt und Umsicht angestellter Versuche ermittelte er, daſs ein solcher Zusammenhang wirklich stattfindet; daſs Salze, deren Krystalle in Form des Octaeder, der Pyramide, des Dodekaeder etc. und der sechsseitigen Säule vorkommen, für die Efflorescenz nicht geeignet sind, weil sie keine capillaren Zwischenräume bilden, wohl aber Formen wie das Rhomboeder oder verschiedene Säulen. Ebenso zeigte er, daſs ein Salz, welches keine für die Efflorescenz geeignete Krystallform hat, doch efflorescirt, wenn es durch Zusatz von Salzen oder Säuren eine Form annimmt, die die Efflorescenz zuläſst.

Es fällt in die Augen, daſs das capillare Aufsteigen der das Material zur Fortbildung der Krystalle enthaltenden Flüssigkeiten zwischen den Spaltungsflächen mit Umständen verknüpft ist, welche diese Fortbildung sehr begünstigen. Es sind die kleinsten Tröpfchen, welche aus diesen Zwischenräumen herausschwitzen, mithin im Verhältnisse zu ihrer Masse eine groſse Oberfläche darbieten, und deſshalb in der kürzesten Zeit verdunsten. Mag daher die Lösung noch so sehr verdünnt sein, so kann doch der ganze Inhalt zur krystallinischen Abscheidung kommen. Erfolgt indeſs das capillare Aufsteigen schneller als das Verdunsten: so kann es geschehen, daſs sich nur die dem Krystall nähernden Substanzen absetzen, die fremdartigen aber durch den abflieſsenden Theil der Gewässer fortgeführt werden.

Wie die Pflanze mit beginnendem Wachsen ihre Gefäſse zu ihrer Ernährung bildet und darin fortfährt bis zum vollendeten Wachsthume: so bilden sich im kleinsten Krystalle die Spaltungsflächen für denselben Zweck und fahren fort sich zu bilden, bis der Zufluſs der Nahrung aufhört oder der begrenzte Raum das Fortwachsen hindert.

Sind es die Spaltungsflächen, welche das Wachsen der Krystalle nach allen Seiten hin möglich machen: so

[1]) Schorn: de efflorescentia salium. Bonn 1855.

wird dies um so mehr erreicht, je vollkommner spaltbar diese sind und je mehr sie Spaltungsflächen enthalten. Der höchst vollkommen, jedoch nur in einer Richtung spaltbare Glimmer bildet sich zu Tafeln von ungewöhnlicher Gröfse aus. Unter den Krystallen des tesseralen Systems treten einige gern zu gröfseren Krystallen zusammen; vor allem der nach vier Richtungen spaltbare Flufsspath, welcher bei älteren Krystallen fast immer treppenartig verwachsen vorkommt. Vielleicht hat bei ihm die Krystallisationskraft eine Anzahl von Individuen, welche neben einander drusig verwachsen safsen, zu einem Ganzen verbunden [1]). Auch der nach drei Richtungen spaltbare Bleiglanz tritt häufig in grofsen Krystallen auf.

Da der Glimmer als ein Umwandlungsproduct einer grofsen Zahl von Mineralien erscheint: so zeigt dies, dafs er aus den verschiedenartigsten Substanzen gebildet werden kann. In der kleinsten, aus irgend einem Material gebildeten Glimmertafel ist die Zahl der Blättchen unbestimmbar; denn die wirkliche Spaltbarkeit bleibt weit hinter der möglichen zurück. Nach der Richtung der Spaltbarkeit bildet daher eine Glimmertafel einen Filtrir-Apparat durch unzählige Canäle, und dafs durch diese capillaren Räume Gewässer wirklich dringen, zeigen die feinen Ueberzüge auf den Glimmerblättchen. Hat sich ein Glimmerblättchen aus irgend einem Materiale gebildet, und zieht sich dieses bis zu grofser Ausdehnung fort: so steht den Gewässern, welche die zur Umwandlung erforderlichen Bestandtheile enthalten, kein Hindernifs im Wege, in der Richtung der Spaltungsflächen fortzusickern, und an den Seitenflächen den Umwandlungsprocefs fortzusetzen. Die Glimmertafel wächst nach der Länge und Breite und die Spaltungsflächen verlängern sich nach denselben Richtungen. Sollte Glimmer, wie z. B. Kalkspath, unmittelbar aus Gewässern gebildet werden können: so würden diese Gewässer sich gleichfalls in den capillaren Räumen zwischen den entstehenden Spaltungsflächen fortbewegen und durch ihre Absätze das Wachsen der Glimmertafel in der Richtung derselben bewirken.

Man kann sich sehr wohl denken, wie der Glimmer,

---

[1]) Scharff a. a. O. S. 266.

wenn er eben so vollkommen prismatisch spaltbar wie basisch spaltbar wäre, auch nach der Richtung der Seitenflächen fortwachsen würde, indem dann auch in dieser Richtung die Gewässer zwischen den Spaltungsflächen ihren Weg nehmen könnten. In diesem Falle würde er sich, wie die nach mehreren Richtungen spaltbaren Mineralien, nach drei Dimensionen vergröfsern.

Die Glimmerblättchen scheinen vom Wasser ebenso undurchdringbar wie die Metallplatten zu sein. Sollte dies auch nicht im absoluten Sinne gelten: so werden doch die zwischen den Glimmerblättern sickernden Gewässer sich schwerlich anstrengen, durch dieselben zu dringen. Das Holz ist gewifs bei weitem weniger wasserdicht als die Glimmerblättchen, und doch können wir durch hölzerne Röhren Wasser leiten, ohne dafs es sichtbar durch die Wände dringt. Gewifs kann man von keinem andern Mineral eine gröfsere Undurchdringbarkeit durch seine Masse selbst, nicht zwischen Spaltungsflächen, annehmen, als vom Glimmer. Gewifs werden daher die zwischen den Spaltungsflächen sich bewegenden Gewässer, welche mittelbar oder unmittelbar das Wachsen der Glimmertafeln bedingen, nicht durch die Glimmerblätter dringen und nach dieser Richtung hin dieses Wachsen bewirken. Thürmt sich eine auch noch so grofse Zahl von Glimmertafeln auf einander: so kann nur gedacht werden, dafs die diese Bildungen bedingenden Gewässer stets in derselben Richtung fortsickern.

Wir würden zu weit gehen, wenn wir Spaltbarkeit der Mineralien und ihre Durchdringbarkeit vom Wasser in so weit als identisch nehmen wollten, dafs die spaltbarsten Mineralien auch die permeabelsten seien. Die Spaltungsflächen zeigen nur die Richtungen an, welche die Gewässer vorzugsweise nehmen, wenn sie durch Krystalle dringen, und wohin sie das Material zum Fortwachsen führen; dafs auch unvollkommen spaltbare Mineralien, wie z. B. der Quarz, feine Röhrchen oder Gefäfschen einschliefsen müssen, zeigt das Eindringen von Eisenoxydhydrat und Helminth[1]) in denselben und das künstliche Färben der Chalcedone.

Das Wachsen des Quarzes bis zu Krystallen von unge-

[1]) Volger Studien S. 170.

wöhnlicher Gröfse kann daher wohl der durch diese capillaren Räume geführten Kieselsäure zugeschrieben werden.

Eine eigenthümliche Art der Verwachsung ist die Kugelbildung der Krystalle. Von einem gemeinschaftlichen Mittelpunkte im Gestein oder auf einem Krystall, oder von einer losgerissenen Breccie aus streben eine Anzahl gleichartiger Krystalle nach allen freien Seiten hin, durch die gleichfalls wachsenden Nachbarn beengt und mit ihnen zusammengewachsen. Der Sphärosiderit von *Steinheim*, der sowohl in schaliger wie in faserigstängliger Verwachsung vorkommt, und vielleicht in jeder Beziehung die Kugelbildung am vollkommensten repräsentiren dürfte, zeigt dies in ausgezeichneter Weise. Dieses Zusammentreten der Krystalle zu einem gröfseren Ganzen in der Kugelform findet sich fast bei allen Arten der Krystalle, am häufigsten vielleicht bei den Zeolithen [1]).

Die Krystallisation ist eine Kraft, welche sich mit der ausdehnenden Kraft durch Wärme messen kann. Frierendes Wasser zersprengt starke Gefäfse; da diese Krystallisation plötzlich eintritt: so erfolgt auch das Zersprengen plötzlich. Krystalle, welche sich im festen Gesteine bilden, können, wie z. B. der Wavellit von *Langenstriegis* den festen Kieselschiefer, zersprengen, oder sie erweitern die Klüfte, in denen sie sich bilden [2]). Da diese Krystallisationen lange

---

[1]) Scharff a. a. O. S. 268.

[2]) Ueber die Volumveränderungen, welche durch die Krystallisation hervorgerufen werden, veröffentlichte Volger Untersuchungen. (Pogg. Ann. 93 S. 66 ff. und 224 ff.) Er bespricht besonders ausführlich Duvernoy's (Jahresber. 1852, 5) Versuche und Ansichten über die ausdehnende Wirkung der Krystallisationskraft und den von diesem vernachläfsigten Unterschied zwischen wesentlicher Ausdehnung durch Annahme eines geringern spezifischen Gewichtes und zufälliger Ausdehnung durch die Art, wie die sich bildenden Krystalle sich aneinanderlagern und welche Zwischenräume entstehen. Die Herausgeber des Jahresberichts stellten den Folgerungen Volgers Bemerkungen entgegen (1854, S. 10). Kopp (ebend. 1855. S. 12) fand im Widerspruch mit der Ansicht, ein Krystall könne durch sein Bestreben zu wachsen, mechanischen Effect ausüben, dafs ein Alaunkrystall nie nach unten, wo er mit der Unterlage in Berührung ist, wächst, d. h. dafs Nichts von einer Kraft bemerklich ist, die den

Zeiträume fordern: so treten solche Wirkungen allmälig ein. Sie sind zu vergleichen mit dem Erweitern der Spalten und Klüfte im Gesteine durch eingedrungene Wurzeln oder mit dem Zersprengen dicker Mauern durch dieselben.

Scharff[1]) bemerkt, dafs die Krystalle gewöhnlich in der parallel geordneten Faserbildung Gesteine zersprengen und Klüfte erweitern. Die Faserbildung im Serpentin, der Nemalith und Pikrolith vermögen selten das Muttergestein in gerader Richtung zu zersprengen, sondern sie schmiegen sich längs der Spalte hin und suchen sie zu erweitern. Krystalle in blätteriger Form, wie der Talk, schmiegen sich an, freilich oft zerdrückt und zerknittert, um allmälig Raum zu gewinnen. Der Talk drängt sich zwischen den chloritischen Schiefer und Topfstein, wie nasse Leinwand geknickt und gefaltet. Der Molybdän sucht sich, wie der Talk, schmiegsam durch Ritzen und Spalten des Quarzes durchzuwinden. Der Helminth kann sich nicht einmal gerade aufrichten.

Der Natrolith durchzieht in feinen Gängen den Phonolith von *Hohentwyl* und sammelt sich in gröfseren Massen, indem er das Gestein zersprengt. Mit grofser Gleichmäfsigkeit wachsen die faserigen Krystalle nach allen Seiten hin, so dafs der Mittelpunkt der strahligen Kugelbildungen sich mehr und mehr von den Wänden der Spalten entfernt; die Fasern zersprengen sogar wie ein Keil das angrenzende Gestein. Wo die Kugeln freien Raum gewinnen, da hören die Krystalle auf massenhaft zu verwachsen; die einzelnen Fasern treten als glänzende Nadeln strahlig aus der Oberfläche der Kugel hervor. In den Drusenräumen finden sich defshalb mehr Strahlen- als Kugelbildungen, wie dies auf eine ausgezeichnete Weise der Natrolith in den Räumen des Dolerit von *Montecchio maggiore*, und der in glänzenden Nadeln strahlig gruppirte Gismondin von *Aqua acetosa* zeigt. Im Melaphyr von *Dumbarton* finden sich die

Krystall so nach allen Seiten wachsen zu lassen strebe, dafs dadurch der seinem geringen Gewicht in der Flüssigkeit entsprechende Druck überwunden würde. Die Acten über diesen interessanten Gegenstand sind indessen noch lange nicht geschlossen; Aufklärung über denselben kann nur durch weitere Untersuchungen erlangt werden.

[1]) a. a. O. S. 267.

schönsten Strahlenbildungen des Thomsonit. Zum Theil haben sie losgesprengte Breccien des Gesteins fortgetragen, festgespieſst und durchwachsen. Der Prehnit erscheint dagegen massig verwachsen; die Kugelbildung zeigt sich nieren-, platten- und säulenförmig verzogen. Doch tritt jener, besonders über den hohlen Formen verschwundener, aufgezehrter Krystalle, manchmal selbstständig aus dem kugelförmigen Aggregate in einzelnen säulenförmigen Individuen heraus. Der Karpholit von *Schlaggenwalde* sendet die zur Kugelbildung geordneten Nadeln strahlig in den Fluſsspath hinein. Auch der Stilbit vom *Lucendrosee* auf dem *Gotthardt*, wie aus dem Melaphyr von den *Färöern*, tritt kugelförmig zusammen, wenn auch oft einzelne Krystalle in Tafeln in letzterem Fundorte frei aufliegen. Endlich ist der Heulandit von *Dumbarton* und aus dem *Fassathal* oft zu kugeligen Gruppen verwachsen.

Die Krystalle zeigen in der Regel, so weit man dies bemerken kann, bei ihrem ersten Entstehen dieselbe äuſsere Gestalt, wie später[1]). Namentlich bildet sich nicht etwa zuerst die primitive Gestalt aus, die dann durch weitere Anlegung von Masse nach bestimmten Gesetzen in die secundäre Form überginge, womit auch Frankenheim's Untersuchungen übereinstimmen[2]). So zeigt das Octaeder des Alaun bei seinem Entstehen dieselben Abstumpfungen der Ecken und Kanten, wie nach seiner völligen Ausbildung. Wenn sich jedoch die Krystalle zu verschiedenen Zeiten weiter bilden und aus Flüssigkeiten von verschiedener Natur, so ändert sich häufig ihre äuſsere Gestalt. Dieses läſst sich an einigen krystallisirten Mineralien wahrnehmen, die öfters einen Kern und eine Hülle von verschiedener Färbung zeigen. So findet sich, wie Richter hervorhebt, beim Fluſsspath: ein rosenrothes Octaeder in einem grünen Würfel; ein gelbes Cubooctaeder, dessen Octaederflächen allein mit einer violetten Schicht bedeckt sind; ein blaues Dodekaeder, von einem grünen Würfel umhüllt; ein Cubooctaeder in einem Pyramidenwür-

[1]) Gmelin Handb. der Chemie, 5. Aufl. B. I., S. 12.

[2]) Ueber d. Entstehen u. Wachsen der Krystalle etc. Pogg. Ann. CXI, S. 229 ff.

fel u. s. w. Hierbei zeigt immer die innere und äufsere Masse parallelen Blätterdurchgang. Aehnliche Fälle zeigen sich nach Richter beim Kalkspath und anderen Mineralien.

Nach den Versuchen von Dr. Jordan würden abgebrochene Ecken und Kanten von künstlichen Krystallen wieder ersetzt, wenn man sie in Lösungen desselben Salzes hängt. Nach den Untersuchungen von Pasteur[1]) über das Wachsen der Krystalle und die Einflüsse, unter welchen sich secundäre Flächen an ihnen ausbilden, zeigt das saure äpfelsaure Ammoniak aus reiner Lösung krystallisirt, niemals hemiedrische Flächen, welche aber dann auftreten, wenn das bis zur beginnenden Zersetzung erhitzt gewesene Salz in Wasser gelöst und diese unreine Lösung zum Krystallisiren gebracht wird. In reiner Lösung gebildete Krystalle nehmen in unreiner Lösung wachsend die hemiedrischen Flächen an, und umgekehrt verschwinden diese bei dem Wachsen der Krystalle, an welchen sie vorhanden sind, in reiner Lösung. Pasteur glaubt, dafs dieser Unterschied in der Ausbildung der Krystalle damit zusammenhänge, dafs ein Krystall in der reinen Lösung vorzugsweise in einer andern Richtung wachse, als in der unreinen. Auch bei dem ameisensauren Strontian, dessen Krystalle bald die eine, bald die andere Art nicht congruenter hemiedrischer Formen zeigen, läfst sich jede Fläche dieser Art hervorrufen, wenn man an der betreffenden Stelle den Krystall abfeilt und ihn dann in gesättigter Lösung wieder wachsen läfst[2]).

Neuere Untersuchungen über diesen Gegenstand von Frankenheim[3]) und C. v. Hauer[4]).

Hausmann[5]) hat Untersuchungen angestellt über die

[1]) Pogg. Ann. C, 157.

[2]) Sind es äufsere Verhältnisse, z. B. verschiedene Temperatur-Grade, welche die verschiedenen Krystallformen eines und desselben Minerals hervorrufen? Kann man die Krystallisationsfähigkeit eines Minerals nach der gröfseren oder geringeren Zahl seiner Krystallformen abschätzen, dann würde der kohlensaure Kalk zu denjenigen Substanzen zu zählen sein, welche die gröfste Krystallisationsfähigkeit besitzt.

[3]) A. a. O.

[4]) Jahresber. 1860. S. 10.

[5]) Jahresber. 1855. S. 9.

durch Molekularwirkungen in starren, unorganischen Körpern bewirkten Formveränderungen. Zunächst bespricht er diese Formänderungen im Allgemeinen, wie dieselben auf einer Veränderung in der Zusammensetzung beruhen, oder ohne eine solche stattfinden können, welchen Einflufs die Wärme ausübt, u. a. Specieller geht er dann auf die durch Molekularbewegungen in starren Körpern bewirkten Formänderungen ein, welche ohne chemische Veränderung erfolgen. Er unterscheidet hier die Formveränderungen, welche ohne Temperaturveränderung vor sich gehen, z. B. die allmälige Umwandlung der amorphen arsenigen Säure in krystallinische, von der durch Temperaturveränderung veranlafsten. (Wir fügen hinzu das Krystallinischwerden des Stabeisens, namentlich der Wagenaxen und der Drahtseile nach längerem Gebrauche). — Er bespricht ferner diejenigen Formveränderungen in festen anorganischen Körpern, die im Gefolge von chemischen Umänderungen derselben sich zeigen: 1. durch Aufnahme von Stoffen, von Sauerstoff (Bildung von Magneteisen aus Stab- und Roheisen, von Rothkupfererz aus Kupfer), von Wasser (Bildung von Eisenoxydhydrat aus Eisen, von Gyps aus wasserfreiem schwefelsauren Kalk), von Kohlensäure, ferner bei der Cämentation (z. B. des Eisens mittelst Kohle); 2. durch Verlust von Bestandtheilen, namentlich des Wassers (als Beispiel führen wir an die Ausscheidung des Wassers aus dem Eisenoxydhydrat, selbst wenn es unter Wasser liegt); 3. durch Austausch von Bestandtheilen.

H. Rose[1]) fand, dafs sich der voluminöse Niederschlag aus einer Lösung von schwefelsaurem Kobaltoxyd durch Kalibicarbonat erhalten, nach drei Tagen in ein Haufwerk von deutlich erkennbaren Krystallen umgewandelt hatte. In dem aus einer Lösung von schwefelsaurem Nickeloxyd durch Kalibicarbonat erhaltenen voluminösen Niederschlage hatten sich nach einigen Wochen Krystalle von ziemlicher Gröfse gebildet.

Werden schwerlösliche Substanzen durch Präcipitation gebildet, wie z. B. schwefelsaurer Baryt durch Zersetzung eines löslichen schwefelsauren Salzes mittelst eines

---

[1]) Poggendorff's Ann. B. 84. S. 554 u. 566.

Barytsalzes, so entsteht jenes in der Chemie für unlöslich geltendes Salz augenblicklich. Bei einem so plötzlichen Uebergang in den festen Zustand kann nur in seltenen Fällen ein krystallinischer Niederschlag erfolgen. Daher sind auch die bei chemischen Analysen erhaltenen Niederschläge meist amorph; manchmal werden sie aber, wie eben bemerkt, nach kürzerer oder längerer Zeit krystallinisch, welches beweist, dafs die Zeit ein Hauptfactor krystallinischer Bildungen ist.

Damit ist auch in Uebereinstimmung, dafs unlösliche Substanzen, welche bei rascher Bildung durchaus nicht krystallisiren wollen, zum Krystallisiren gebracht werden können, wenn man bewirkt, dafs die Bildung solcher Substanzen äufserst langsam von Statten geht, wie dies die interessanten Versuche Drevermanns[1]) zeigen. Er liefs nämlich Stoffe, welche durch ihre gegenseitige Einwirkung die gesuchte Verbindung hervorbringen sollten, sich durch Diffusion langsam mischen. Er erhielt auf diese Weise Krystalle bis zu einer Gröfse von 3 bis 4 mm. von Rothbleierz, Melanochroit, Weifsbleierz, Bleivitriol und Kalkspath. Zur Krystallisirung im Wasser leicht-, in Alkohol schwerlöslicher Substanzen empfiehlt er das schon früher oft angewendete Verfahren, über eine wässerige Lösung etwas Wasser und dann Alkohol vorsichtig zu schichten.

Wie auf diesem künstlichen Wege, so finden auch im Mineralreiche, jedoch wohl nur selten, Bildungen von schwerlöslichen Substanzen durch Präcipitation statt. Wenn z. B. Gewässer, kohlensaure Alkalien enthaltend, mit andern zusammentreffen, die Sulphate oder Chlorüre gelöst enthalten, so werden lösliche schwefelsaure Alkalien und schwerlösliche Carbonate (Kalk- und Magnesiacarbonat) gebildet. Sind es, wie gewöhnlich, sehr verdünnte Lösungen, und vereinigen sie sich tropfenweise, so sind die Bedingungen zu krystallinischen Niederschlägen gegeben.

Bemerkenswerth sind die krystallinischen Niederschläge aus Lösungen, welche nicht so viel Wasser enthalten, als die durch Präcipitation gebildeten schwerlöslichen Sub-

---

[1]) Jahresb. 1853, 7. Ich hatte Gelegenheit mehrere solcher von ihm dargestellter Krystalle zu sehen.

stanzen zu ihrer Lösung fordern. Fällt man z. B. eine Lösung von Chlorcalcium durch eine Lösung von schwefelsaurem Kali und beträgt das Wasser weniger als das 400fache des entstandenen Kalksulphat: so mufs sich ein Theil desselben ausscheiden. Da diese Ausscheidung momentan erfolgt: so sollte man erwarten, dafs der Niederschlag ebenso amorph sein müfste, wie der auf ähnliche Weise erhaltene schwefelsaure Baryt. Dies ist aber nicht der Fall: mit unbewaffnetem Auge erkennt man die sich senkenden durchsichtigen Gypsnadeln.

Aus dem Vorstehenden ergibt sich, je schwerlöslicher die Substanzen sind, desto schwerer krystallisirbar sind sie und desto mehr Zeit fordern sie zu ihrer Krystallbildung.

In früheren Zeiten, wo die Zersetzungsproducte der Mineralien durch die atmosphärischen Agentien, und noch mehr die Pseudomorphosen unbekannt waren, wo man nicht einmal darauf achtete, dafs z. B. Kalkspath aus kalkhaltigen Gewässern krystallisirt, konnte man verwachsene Mineralien nur für gleichzeitige Bildungen halten. Hätte man aber die längst bekannten künstlichen Krystallisationen nur etwas beachtet: so würde man auf andere Vorgänge, die im Mineralreiche nothwendig von Statten gehen müssen, geführt worden sein.

Darin stimmen gewifs alle Geologen überein, dafs die Bildung der Krystalle im Mineralreiche, mag sie auf diesem oder jenem Wege erfolgt sein, aufserordentlich langsam von Statten gegangen ist. In den chemischen Laboratorien benutzt man die Krystallbildung als ein kräftiges Scheidungsmittel verschiedener, in einer Flüssigkeit aufgelöster Substanzen; denn man weifs, dafs Krystalle nichts Ungleichartiges, nur etwas von der Mutterlauge einschliefsen, und auch dieses scheidet man wieder durch Krystallisation ab. Was wir von dem Genetischen in der Krystallbildung wissen, haben wir in den chemischen Laboratorien gelernt. Nur dieses kann uns leiten, wenn wir die Krystallbildung im Mineralreiche begreifen wollen. Sehen wir nun, dafs durch die oft sehr schnell erfolgende künstliche Krystallbildung das Ungleichartige ausgeschieden wird, wie können wir dann glauben, dafs im Mineralreiche, bei einer so langsam von Statten gehenden Krystallbildung, gerade das Entgegengesetzte ein-

trete, dafs hier, wo der so lange anhaltende flüssige Zustand Zeit genug zur Sonderung des Ungleichartigen vom Gleichartigen läfst, sich Ungleichartiges in demselben Raume individualisire und ausbilde? — Findet sich ein Mineral in einem anderen eingewachsen, von welchem durch eine Pseudomorphose eine Umwandlung in jenes nachgewiesen ist: so liegt die Vermuthung nahe, dafs in diesem Falle wirklich eine Umwandlung statt gefunden habe. Es ist dann zu untersuchen, ob sich in dem eingewachsenen Mineral die Krystallform oder die Blätterdurchgänge des einschliefsenden Minerals nachweisen lassen. So kommt bei *Krageröe* Asbest in Hornblende eingewachsen vor [1]). Die Blätterdurchgänge der letzteren erscheinen nach und nach zwischen bestimmten Grenzen auf den äufseren Flächen der ersteren, oder die Krystalle theilen sich in dünne Lamellen, welche allmälig dünner werden, bis sie sich endlich als seidenglänzende, biegsame Fasern eines grünlich grauen Asbest darstellen, während die Krystallflächen der ursprünglichen Hornblende noch erhalten sind.

Keineswegs sind wir jedoch der Ansicht, dafs alle Mineralien, welche in anderen eingewachsen sind, durch Umwandlungen dieser entstanden seien. Niemand wird den in Bergkrystallen eingeschlossenen Glimmer, Chabasit, Bleiglanz u. s. w. für umgewandelte Kieselsäure halten wollen. Hier waren die eingeschlossenen Mineralien vorhanden und um dieselben krystallisirte der Bergkrystall ebenso, wie in der Blase der Menschen und Thiere ein Korn von dem mit dem Harn fortgeführten Gries, welcher in der Blase zurückbleibt, der Kern für die Bildung von krystallinischen Blasensteinen wird.

Hierhin gehören auch die Mittheilungen von Kopp [2]) über die Bildung von Krystallen mit Kernen, namentlich von solchen, wo eine äufsere Hülle als Fortsetzung eines innern Kerns von diesem so leicht entfernbar ist, dafs es den Anschein hat, als ob beide gar nicht zusammengewachsen wären, und als ob die Krystallisationskraft durch die dünne Schichte fremdartiger Substanz, die sich in solchen Fällen in der Regel zwischen Kern und Hülle findet, hin-

[1]) Kap. XXXV.
[2]) Jahresb. 1855. S. 11.

durch gewirkt habe. Es gelang ihm, solche Krystalle mit Kernen künstlich darzustellen, indem er mit gefärbtem Collodium überzogene Alaunkrystalle in einer Alaunlösung weiter wachsen liefs. Er erkannte, dafs dann die fremdartige Schicht den eingeschlossenen Krystall nicht vollständig deckt, und dafs, wenn auch nur an wenigen Punkten ein unmittelbares Anwachsen einiger Kryställchen an den innern Kern stattfindet, sich von diesen aus eine vollständige Hülle um den Kern entwickelt, was deswegen möglich ist, weil jene Kryställchen sämmtlich durch den Kern in parallele Stellung orientirt sind. Die Zahl der Berührungspunkte zwischen Kern und Hülle, welche zur Ausbildung der letzteren nothwendig sind, kann eine so kleine sein, dafs dadurch bei der Trennung der Hülle von dem Kern kein bemerkbares Hindernifs hervorgebracht wird.

Kopp fügt noch Einiges hinzu über die Bildung von Krystallen mit durchaus (ohne zwischenliegende fremdartige Schicht) damit zusammengewachsenen Einschlüssen; nach seinen Beobachtungen sind zusammengewachsene isomorphe Substanzen, z. B. gewöhnlicher Alaun als Hülle um einen Krystall von Chromalaun als Kern, nur mit sehr geringer Cohäsion vereinigt.

In Kap. XXXIV werden wir sehen, wie ein Krystall an verschiedenen Stellen eine ungleiche Zusammensetzung haben kann. Nur zwei Ursachen dieser Erscheinung sind denkbar. Entweder wurde der Krystall an verschiedenen Stellen schon ursprünglich von ungleicher Zusammensetzung gebildet, oder er erlitt erst im Laufe der Zeit Veränderungen. Da grofse Krystalle, deren Masse sehr schwerlöslich im Wasser ist, zu ihrer Bildung lange Zeiträume fordern: so ist es möglich, dafs sich während derselben das dazu verwendete Material verändert habe. So wie Krystallindividuen, z. B. Feldspathe, ungleiche Mengen von Kali und Natron enthalten, so konnte in demselben Feldspathkrystall, wenn ein langer Zeitraum zu seiner Bildung erforderlich war, gleichfalls eine solche Ungleichheit eintreten. Fände man aber in einem Feldspathkrystall an verschiedenen Stellen ungleiche Sauerstoffquotienten, so würde eine solche ungleiche Mischung unzweifelhaft erst im Laufe der Zeit eingetreten sein. Der letztere Fall ist wahrscheinlich der gewöhnliche.

Sechs Werkstätten sind es im Mineralreiche, in denen Krystallisationen von Statten gegangen sind und noch gehen: in Salzseen, im Meere, in Drusenräumen, in Spalten, im festen Gesteine und in losen erdigen Massen.

Die gröfste Aehnlichkeit zwischen unsern künstlichen und den natürlichen Krystallisationen zeigt sich in den drei zuerst genannten Werkstätten.

Die Seebecken sind die Abdampfschalen, aus denen zur warmen Jahreszeit durch Verdunstung des Wassers Kochsalz und andere Salze krystallisiren. Salzhaltige Wasser fliefsen in den See und liefern Material zur fortschreitenden Verdunstung und zur Krystallisation der Salze (Kap. XVIII). In den Landseen, welche die Flüsse an der *Bessarabischen Küste* vor ihrem Ausflusse in das *schwarze Meer* bilden, und von demselben durch einen Damm getrennt sind, findet die Krystallbildung aus dem eingetretenen Meerwasser statt (ebendas.).

Die ausgezeichnetsten Krystallisationen finden sich in den Drusenräumen und in den Gangspalten. In Kap. Drusenräume und Gänge B. III wird gezeigt werden, dafs diese Krystallisationen durch Verdunstung wässeriger Flüssigkeiten entstanden sein können.

Die oben angeführten Beispiele von Krystallisationen aus amorphen Massen zeigen, wie ausgedehnte sedimentäre Formationen die Werkstätten von krystallinischen Bildungen werden können, und dafs sie solche wirklich geworden sind, zeigen die metamorphosirten Gesteine.

Das Vorkommen von Krystallen in losen Massen, wie z. B. grofser schöner Gypskrystalle im Thon, zeigt endlich, wie auch solche Massen Werkstätten von Krystallisationen werden können. Enthalten solche Thone z. B. schwefelsauren Kalk und sickern durch sie Gewässer, was, da sie schwer durchdringbar sind, nur langsam geschehen kann: so sättigen sie die Gewässer nach und nach, und das Salz krystallisirt, wo diese stagniren oder hohle Räume finden.

B. Die Pseudomorphosen des Mineralreichs.

Pseudomorph nennen wir solche Mineralien, welche Krystallformen besitzen, die ihnen ursprünglich nicht

angehörten, und die sie auf einem andern Wege, als dem der Krystallisation erhalten haben.

Wenn man festhält, dafs dergleichen Veränderungen sich nicht auf kleine und vereinzelt vorkommende Krystalle beschränken, sondern dafs wir sie in ausgedehnten Gesteins-Formationen finden, so wird die Wichtigkeit dieses Gegenstandes für Mineralogen und Geologen keinem Zweifel mehr unterliegen.

Blum bringt die Pseudomorphosen in zwei Abtheilungen, wovon die erste in drei, die zweite in zwei Unterabtheilungen zerfällt [1]).

Erste Abtheilung. Umwandlungs-Pseudomorphosen.

I. Durch Verlust von Bestandtheilen.

II. Durch Aufnahme von Bestandtheilen.

III. Durch Austausch von Bestandtheilen.

Zweite Abtheilung. Verdrängungs-Pseudomorphosen.

I. Durch Umhüllung.

II. Durch Ersetzung.

Wenn z. B. Malachit in den Formen des Rothkupfererzes vorkommt, so kann diese Umwandlung nur durch Aufnahme von Sauerstoff, Kohlensäure und Wasser erklärt werden; wenn dagegen Hornstein in Kalkspathformen auftritt, so mufs eine Verdrängung des Kalkspaths durch Hornstein stattgefunden haben.

Diese Eintheilung ist gewifs ganz sachgemäfs; nur ist manchmal schwer zu entscheiden, ob eine Umwandlung oder eine Verdrängung stattgefunden habe. Dies ist namentlich der Fall, wenn das verdrängte und das verdrängende Mineral einen gemeinschaftlichen Bestandtheil haben. In diesem Falle kann es zweifelhaft bleiben, ob man es mit einer wirklichen Verdrängungspseudomorphose zu thun habe. Hat man jedoch Gründe anzunehmen, dafs dieser gemeinschaftliche Bestandtheil nicht von dem verdrängten Mineral zum verdrängenden übergegangen sei: so schwindet dieser Zweifel. Wenn z. B. das kohlensaure Zinkoxyd in Formen von kohlensaurem Kalk gefunden wird, so können wir, abgesehen von allen übrigen Merkmalen, welche jene Krystalle

[1]) Die Pseudomorphosen des Mineralreichs, 1843, und Nachträge 1847 und 1852.

als Verdrängungspseudomorphosen charakterisiren, nicht annehmen, daſs das Zinkoxyd gegen den Kalk ausgetauscht worden, und die Kohlensäure geblieben sei; mithin eine Umwandlungspseudomorphose stattgefunden habe.

Kohlensäure ist ein gemeinschaftlicher Bestandtheil des Kalkspath und Eisenspath und dieser findet sich in Formen von jenem. Man könnte nun annehmen, Eisenoxydul habe die Kohlensäure des Kalkspath ergriffen, die Kalkerde sei ausgeschieden und fortgeführt worden; und es habe daher eine Umwandlung stattgefunden. Da aber Eisenoxydul als solches nie im Mineralreiche vorkommt: so ist eine solche Umwandlung nicht denkbar. Die Pseudomorphose kann daher nur durch Verdrängung der kohlensauren Kalkerde durch kohlensaures Eisenoxydul erfolgt sein. Aus demselben Grunde müssen wir in vielen analogen Fällen auf Verdrängungs-Pseudomorphosen schlieſsen.

Magnesia ist ein gemeinschaftlicher Bestandtheil des Bitterspath und des Speckstein, und letzteres findet sich in Formen von ersterem. Wollte man annehmen, die Kieselsäure habe die Magnesia des Bitterspath ergriffen, die Kohlensäure sei ausgeschieden worden und es habe daher eine Umwandlung stattgefunden: so würde dies den Affinitätsgesetzen widersprechen; denn die Kieselsäure vermag auf nassem Wege und in gewöhnlicher Temperatur die Carbonate nicht zu zersetzen.

Speckstein findet sich auch in Formen von Quarz. Wollte man annehmen, Magnesia sei dem Quarz zugeführt worden und habe sich mit demselben verbunden: so würde dies voraussetzen, daſs die Magnesia als solche in Gewässern vorkomme, und daſs Kieselsäure sich in ihrer unlöslichen Modification mit Magnesia verbinden könne. Beides ist aber nicht der Fall. Wollte man annehmen, daſs die in Gewässern so häufig aufgelöste kohlensaure Magnesia mit dem Quarz Speckstein gebildet habe, so würde dies wiederum den Affinitätsgesetzen widersprechen. Folglich können diese Processe nur Ersetzungs-Pseudomorphosen sein.

Die Pseudomorphose des Kalkspath in Formen von Gypsspath läſst es dagegen unentschieden, ob sie durch Umwandlung oder durch Verdrängung erfolgt ist. Kamen Gewässer, welche kohlensaures Natron enthielten, mit Gyps

in Berührung, so fand eine Umwandlung statt: schwefelsaures Natron wurde fortgeführt und kohlensaurer Kalk abgesetzt. Kamen dagegen Gewässer, welche Kalkbicarbonat enthielten, mit Gyps in Berührung: so fand eine Verdrängung statt: der Gyps wurde aufgelöst und fortgeführt und Kalkcarbonat an seiner Stelle abgelagert. In einigen Fällen mag der Verdrängung eine Umwandlung vorausgegangen sein, indem ein Product weggeführt wird, während ein anderes mit der verdrängten Substanz zurückbleibt. Wenn man festhält, wie mannichfach das Spiel der Verwandtschaften zwischen den Bestandtheilen eines Minerals und denen des Wassers, mit dem es in Berührung ist, sein kann, so mufs es einleuchten, dafs wir nicht immer bis in das Einzelne den wahren Verlauf pseudomorphischer Processe verfolgen können.

So zählt Blum obige Pseudomorphose zu den Umwandlungspseudomorphosen, wobei Schwefelsäure und Wasser verloren gegangen und Kohlensäure an die Stelle getreten sein soll. Nach Blum's gefälligen Mittheilungen scheint dies wirklich der Fall zu sein. Denn die Spaltbarkeit des Gypses nach der Hauptrichtung hat sich beim Kalkspath erhalten. Dies würde nicht zu begreifen sein, wenn nicht der Kalk geblieben wäre. Kohlensaurer Kalk würde sich mehr in krystallinischem Zustande angesetzt, und so natürlich die Spaltbarkeit oder vielmehr Blätterbildung verwischt haben. Auch G. Rose's Untersuchungen sprechen für eine Umwandlungspseudomorphose.

Nach Becquerel[1]) erhält man wirklich Arragonit, wenn eine Lösung von Natronbicarbonat auf ein Stück Gyps einwirkt: ein Vorgang, der im Mineralreich unzweifelhaft stattfindet.

Man nimmt auch Ausfüllungs-Pseudomorphosen an, welche entstehen sollen, wenn Krystalle eines Minerals von einer andern Masse umhüllt und hierauf durch irgend eine Ursache zerstört werden, wodurch leere, der Form der Krystalle entsprechende Räume in jener Masse zurückbleiben, welche von einer neuen Substanz erfüllt werden.

Blum ist der Ansicht, dafs dieser complicirte Procefs

---

[1]) Chem. Pharm. Centr.-Bl. 1852. No. 25.

nie stattgefunden habe; denn man habe bis jetzt keine Gelegenheit gehabt, ihn im Mineralreiche stufenweise zu verfolgen, oder so nachzuweisen, wie dies bei den andern Arten von Pseudomorphosen-Bildung der Fall ist.

Delesse[1]) lieferte eine umfassende Arbeit über Pseudomorphosen. Er hebt zunächst hervor, daſs häufig Einschlüsse von Mineralien in Mineralien mit Unrecht als Umwandlungsproducte der umhüllenden Substanz betrachtet werden; er gibt eine Uebersicht von den wichtigsten ihm bekannt gewordenen Fällen, namentlich von den Einschlüssen in deutlich krystallisirten Mineralien. Er erörtert die Schwierigkeiten, welche sich entgegenstellen, wenn man Mineralien mit Einschlüssen von solchen, die in Umbildung zu Pseudomorphosen begriffen sind, unterscheiden soll. Er bespricht das wechselnde Mengungsverhältniſs des umschlieſsenden Minerals zu dem umschlossenen. Er legt dar, wie Einschlüsse in Mineralien bei gleichzeitigem Krystallisiren der umschlieſsenden und umschlossenen Substanz entstehen können; ferner, wie ein Mineral bei dem Krystallisiren ein schon präexistirendes umschlieſsen kann, und wie auch selbst in einem krystallisirten Mineral, z. B. in Folge von Infiltration in dasselbe, Einschlüsse als spätere Bildung entstehen können. Er gibt eine Zusammenstellung der von ihm als Fälle wahrer Umwandlung betrachteten Pseudomorphosen. Auf diese Zusammenstellung gestützt, erörtert er die Umwandlung einer Varietät eines Minerals in eine andere Varietät desselben Minerals, die Fälle gegenseitiger Umwandlungen, ferner was sich über die Beziehungen zwischen der Zusammensetzung des ursprünglichen und der des umgewandelten Minerals für ganze Familien sagen läſst. Es ist noch hervorzuheben, daſs Delesse die Lagerstätten der Pseudomorphosen und die künstliche Darstellung in den Kreis seiner Untersuchungen zieht.

Wo in der Folge von Pseudomorphosen im Allgemeinen die Rede ist, gebrauchen wir dieses Wort schlechtweg und bezeichnen die Processe selbst mit dem Namen pseudomorphische; wo aber zu erkennen ist, ob Um-

[1]) Compt. rend. L. 944. Kopp's und Will's Jahresbericht, 1860 S. 793.

wandlungs-oder Verdrängungs-Pseudomorphosen stattgefunden haben, werden wir diese Namen gebrauchen.

Der Umstand, dafs wir die zusammengesetzten Mineralien unter den Umwandlungs-Pseudomorphosen finden, scheint ein wichtiges Verhältnifs anzudeuten. Warum finden sich, mufs man fragen, Glimmer, Ophit, Chlorit u. s. w. als Umwandlungs-, nicht aber als Verdrängungs-Pseudomorphosen? — Die Antwort ist einfach: weil sich diese zusammengesetzten Mineralien durch Umwandlung vorhandener, auf Kosten der Bestandtheile der Gewässer, nicht aber aus diesen Bestandtheilen selbst bilden können. Könnte der Glimmer unmittelbar aus den in Gewässern aufgelösten Stoffen entstehen: so wäre zu erwarten, dafs man ihn ebensó, wie etwa den Meerschaum oder den Eisenspath, als Verdrängungs-Pseudomorphose fände.

Die pseudomorphischen Processe gingen theils von aufsen nach innen, theils von innen nach aufsen vor sich. Bei den Verdrängungs-Pseudomorphosen durch Umhüllung umzieht eine Mineralsubstanz eine andere und diese verschwindet meist ganz, selten theilweise, wodurch gewöhnlich hohle Krystalle und Krystalle mit rauher und drusiger Oberfläche entstehen. Bei den Verdrängungs-Pseudomorphosen durch Ersetzung beginnt die Verdrängung an einem äufsern Punkte des ursprünglichen Minerals, und schreitet von da nach und nach fort, so dafs die neue Substanz die ursprüngliche der ganzen Masse nach ersetzt. Selten trifft man in diesem Falle noch Reste des ursprünglichen Minerals an den äufsersten Spitzen der Krystalle, oder an den Theilen, welche den zuerst verdrängten gegenüber liegen; meist ist das ursprüngliche Mineral gänzlich verschwunden und gibt seine frühere Existenz nur durch seine zurückgelassene Form zu erkennen. Es kann aber auch ein Mineral zuerst von einem andern umhüllt, und dann unter der Umhüllung von diesem verdrängt werden, so dafs zuerst Umhüllung und hierauf Ersetzung erfolgt.

Die pseudomorphischen Processe sind mit künstlichen chemischen Processen zu vergleichen, wo Flüssigkeiten auf feste und zwar auf un- oder schwerlösliche Substanzen wirken, und es ist die Aufgabe des Chemikers, diese Processe soviel wie möglich zu entziffern.

Die Umwandlungs-Pseudomorphosen durch Verlust von Bestandtheilen sind mit der Zersetzung schwerlöslicher Salze durch Basen, z. B. mit der Zersetzung der basisch-schwefelsauren Thonerde durch ein Alkali zu vergleichen. Die Thonerde scheidet sich aus, die Schwefelsäure wird vom Alkali als schwefelsaures Salz fortgeführt. Ein zweites Beispiel bietet die Zersetzung mancher Silicate durch eine Auflösung eines kohlensauren Alkali dar.

Die Umwandlungs-Pseudomorphosen durch Aufnahme von Bestandtheilen finden eine Analogie in der Umwandlung der Schwefelmetalle in schwefelsaure Salze, wie z. B. des Eisenkies in Eisenvitriol. Der Sauerstoff der Luft und in den Meteorwassern, welche auf die Kiese fallen, wird aufgenommen, und dadurch die Umwandlung bewirkt.

Die Umwandlungs-Pseudomorphosen durch Austausch von Bestandtheilen sind zu vergleichen mit den Zersetzungen schwerlöslicher Salze durch lösliche, wie z. B. des schwefelsauren Baryt oder schwefelsauren Kalk durch eine Lösung eines kohlensauren Alkali.

Die Verdrängungs-Pseudomorphosen gleichen der Zersetzung der metallischen Salze durch Metalle. Die in eine Lösung eines Bleisalzes getauchte Zinkstange wird nach und nach durch das Blei verdrängt. Wenn man, statt die Zinkstange in die Bleiauflösung zu stellen, umgekehrt die Auflösung über das Zink leitete: so würde das Zink fortgeführt werden und Blei an seine Stelle treten. Ein anderes Bild einer Verdrängungs-Pseudomorphose bietet die Zersetzung verschiedener Metallsalze, wie z. B. des Eisenoxydsalzes durch kohlensauren Kalk dar. Der letztere verschwindet und das Metalloxydhydrat des zersetzten Metallsalzes tritt an seine Stelle.

Mit solchen Zersetzungsprocessen ist der Chemiker vertraut; sie können ihm daher im Mineralreiche nicht auffallend sein. Es ist nur der Unterschied, dafs Zersetzungen im Laboratorium meist in kurzer Zeit, häufig augenblicklich erfolgen, während sie in der Natur wegen der, in geringeren Quantitäten in Gewässern aufgelösten Stoffe, und wegen der grofsen Schwerlöslichkeit der Substanzen, welche aus einem, in der Pseudomorphose begriffenen Mineral ausgeschieden werden, aufserordentlich langsam von Statten

gehen. Auch in unsern Laboratorien zeigt sich in der Dauer der Processe, je nach dem Grade der Concentration oder der Verdünnung der Flüssigkeiten, ein Unterschied. Je concentrirter die Auflösungen, desto schneller sind die Zersetzungen. Die Fällung des Blei durch Zink geht um so langsamer vor sich, je verdünnter die Auflösung des Bleisalzes ist. Niederschläge aus concentrirten Auflösungen setzen sich oft nach wenigen Minuten vollständig ab, während sie in verdünnten Flüssigkeiten Tage lang suspendirt bleiben. Die Fällung des Eisens und des Kupfers durch Kaliumeisencyanür bieten Beispiele dar. Im hohen Grade verdünnte Eisensalz-Lösungen bleiben, nach dem Zusatze dieses Fällungsmittels, Tage lang blau gefärbt, ohne sichtbaren Niederschlag zu zeigen, und eben so verhält es sich mit der rothen Färbung der Kupfersalz-Lösungen, wenn sie in sehr verdünntem Zustande mit Kaliumeisencyanür versetzt werden. Dagegen scheiden sich aus beiden Auflösungen, wenn sie concentrirt sind, die Niederschläge augenblicklich ab.

Jene Erscheinung, die lang dauernde Suspension eines Niederschlags aus einer sehr verdünnten Auflösung, gibt uns Winke, wie man sich die Fortführung mancher, in der Chemie für unauflöslich genommenen Substanzen, bei der pseudomorphischen Zersetzung der Mineralien, zu denken habe.

Bei unseren chemischen Versuchen geschieht es nicht selten, daſs sich schwefelsaurer Baryt viele Tage lang im Wasser schwebend erhält. Wäre es daher nicht denkbar, daſs, bei der Verdrängung höchst schwerlöslicher Körper diese in Suspension fortgeführt würden? — Könnten nicht manche Stoffe, welche einen pseudomorphischen Proceſs hervorrufen, von Gewässern gleichfalls nur im suspendirten Zustande herbeigeführt werden? — Bei so hohen Graden der Verdünnung geht, möchte man sagen, der gemengte Zustand in den gemischten über. Die Zuführung im auſserordentlich suspendirten Zustande könnte vielleicht eine Bedingung für die Bildung eines Körpers in fremder Krystallform sein.

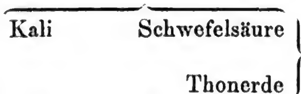
Man kann den Proceſs, wodurch Pseudomorphosen im Mineralreiche entstehen, in der chemischen Sprache einfach so ausdrücken, daſs das ursprüngliche Mineral, in des-

sen Krystallform wir das pseudomorphosirte finden, das Fällungsmittel für die Stoffe in den Gewässern sei, welche mit ihm in Berührung kommen. Werden von diesen Fällungsmitteln nur einzelne Bestandtheile ganz oder theilweise fortgeführt: so haben wir Umwandlungs-Pseudomorphosen durch Verlust von Bestandtheilen. Nehmen die Fällungsmittel neue Bestandtheile aus den mit ihnen in Berührung kommenden Gewässern auf: so stellen sich Umwandlungs-Pseudomorphosen durch Aufnahme von Bestandtheilen dar. Geschieht beides zugleich: so haben wir Umwandlungs-Pseudomorphosen durch Austausch von Bestandtheilen. Werden die Fällungsmittel gänzlich fortgeführt, und treten neue Substanzen an ihre Stelle: so erhalten wir Verdrängungs-Pseudomorphosen. So ist z. B. der Kalkspath ein Fällungsmittel von nicht weniger als 32 Mineralien.

Gehen wir davon aus, dafs die pseudomorphischen Processe auf nassem Wege erfolgen: so lassen sich die Verdrängungs-Pseudomorphosen durch folgendes allgemeines Schema versinnlichen.



A ist das ursprüngliche Mineral, *B* ist das verdrängende. Ist *B* in einer Flüssigkeit aufgelöst und hat *A* eine gröfsere Verwandtschaft zu derselben, als *B*: so führt die Flüssigkeit *A* fort und *B* bleibt zurück. Tröpfeln wir z. B. eine Auflösung von Thonerde in Schwefelsäure auf Kali, so bemächtigt sich das Kali der Schwefelsäure und die Thonerde scheidet sich aus.



Das Kali repräsentirt das ursprüngliche Mineral, die Thonerde das verdrängende, die Schwefelsäure, welche die Thonerde verläfst, ergreift das Kali und führt es fort.

Alle Verdrängungs-Pseudomorphosen lassen sich in der Form des obigen allgemeinen Schema's darstellen. Z. B. die nicht selten vorkommenden des Quarzes in Formen von Kalkspath.

Kohlensaurer Kalk Wasser } Kieselsäure

Wenn eine Auflösung von Kieselsäure in Wasser auf kohlensauren Kalk tropft, so ergreift das Wasser den kohlensauren Kalk und läfst die Kieselsäure fallen. Nichts ist leichter, als diesen Procefs zu begreifen; denn wir finden kohlensauren Kalk und Kieselsäure fast in jedem Quellwasser aufgelöst. Denken wir uns, dafs ein Wassertropfen, welcher die schwerlösliche Kieselsäure aufgelöst enthält, auf Kalkspath fällt: so löst er den leichterlöslichen kohlensauren Kalk auf und beide Substanzen bleiben so lange in gemeinschaftlicher Auflösung, als nicht Wasser aus dem Tropfen verdunstet. So wie aber Verdunstung eintritt: so scheidet sich die schwererlösliche Kieselsäure zuerst ab, und der leichterlösliche kohlensaure Kalk bleibt aufgelöst. Ist die Fläche des Kalkspath, auf welche der Tropfen fiel, etwas geneigt: so fliefst er auf derselben fort, wobei er sich ausbreitet und mehr oder weniger verdunstet. Kommt der Rest des Wassertropfens auf eine Kante des Kalkspath: so kann er nicht abfallen, weil die Adhäsion des kleiner gewordenen Tropfens zum Kalkspathe gröfser ist, als seine Schwere. Fallen aber auf dieselbe Stelle der geneigten Kalkspath-Fläche nach und nach mehrere Tropfen: so bilden die nach ihrer theilweisen Verdunstung übrig bleibenden Reste an der Kante einen gröfseren Tropfen, welcher, der Schwere folgend, herabfällt und den aufgelösten kohlensauren Kalk fortführt.

Wir sehen, wie mehrere Bedingungen stattfinden müssen, wenn eine Verdrängungs-Pseudomorphose eintreten soll. Hält, um beim vorliegenden Beispiele stehen zu bleiben, der auf Kalkspath fallende Tropfen neben Kieselsäure kohlensauren Kalk bis zur Sättigung aufgelöst: so kann er davon nichts auflösen, und sollte sich aus ihm durch Verdunstung Kieselsäure abscheiden: so würde sich Quarz als Ueberzug auf dem Kalkspathe ohne Verdrängung desselben bilden. Auf diese Weise kann sich der krystallisirte Sandstein von *Fontainebleau*, ein mit Quarzsand übermengter Kalkspath, gebildet haben. Die Nester, Trümmer und

Adern von Hornstein oder Chalcedon im Kieselkalkstein, welche zum Theil ganz allmälig in die umgebende Gesteinsmasse verfliefsen, mögen gleichfalls aus Gewässern entstanden sein, welche, neben Kieselsäure, kohlensauren Kalk bis zur Sättigung aufgelöst enthielten; denn Gewässer, welche schon einen Weg durch Kalksteine zurückgelegt haben, sind natürlich mit kohlensaurem Kalk mehr oder weniger gesättigt.

Gröfsere oder geringere Neigung der Flächen der Mineralien, schnelleres oder langsameres Tröpfeln der Gewässer, raschere oder langsamere Verdunstung des Wassers und gewifs noch viele andere unbekannte Umstände befördern oder verhindern solche Verdrängungen. Wir begreifen daher, wie in denselben Räumen, oft dicht neben einander, Verdrängungs-Pseudomorphosen theils entstehen, theils nicht entstehen können.

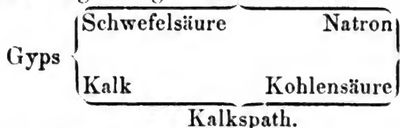
Für die Umwandlungs-Pseudomorphosen lassen sich mehrere Schemas entwerfen. Eine der einfachsten Formen ist das allgemeine Schema für die Wirkung der doppelten Wahlverwandtschaft



Auf ein Mineral aus den Bestandtheilen *A* und *B* tropft eine Flüssigkeit, welche eine Verbindung der beiden Bestandtheile *C* und *D* enthält. Ist die Summe der Verwandtschaften von *A* zu *C* und von *B* zu *D* gröfser, als die Summe der Verwandtschaften von *A* zu *B* und von *C* zu *D*: so erfolgt eine Zerlegung durch doppelte Wahlverwandtschaft, und es entstehen die beiden neuen Verbindungen aus *A* und *C* und aus *B* und *D*. Ist die letztere leichtlöslich, die erstere aber schwerlöslich, so führt dieselbe Flüssigkeit, welche die Verbindung aus *C* und *D* zugeführt hat, die aus *B* und *D* fort und die aus *A* und *C* bleibt zurück. *A B* ist also das ursprüngliche, *A C* das an dessen Stelle getretene Mineral.

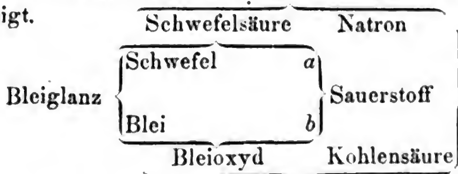
Ist z. B. *A B* schwefelsaurer Kalk und *C D* kohlensaures Natron, so entsteht kohlensaurer Kalk und schwefelsaures Natron: jener tritt an die Stelle des schwefelsauren Kalk, dieses wird von den Gewässern fortgeführt. Wir

haben daher eine Umwandlungs-Pseudomorphose in der Form des obigen allgemeinen Schema's.



Auf diese Weise konnte die schon oben erwähnte Pseudomorphose des Kalkspath in Formen von Gyps entstanden sein. Da der Gyps wasserhaltig, der Kalkspath wasserfrei ist, so ging bei dieser Umwandlung jener Wassergehalt mit dem Wasser, welches das schwefelsaure Natron wegführte, fort.

Es würde nicht schwierig sein, die meisten Umwandlungs-Pseudomorphosen durch solche Schemas anschaulich zu machen. Da jedoch je nach den Bestandtheilen einer Flüssigkeit, welche die Zersetzungen bewirken, verschiedene Modificationen stattfinden können: so würden wir uns bei weiterer Verfolgung in Möglichkeiten verlieren, ohne in den einzelnen Fällen die Wirklichkeit nachweisen zu können. Nur ein Beispiel möge noch zeigen, wie Stoffe, welche in den Gewässern zu den häufig vorkommenden gehören, die verschiedenartigsten Umwandlungen hervorrufen können. Wir wählen die nicht seltene Umwandlung des Bleiglanzes in kohlensaures Bleioxyd. Gewässer, welche Sauerstoff und kohlensaures Natron enthalten, können, wenn sie fortwährend in Berührung mit Bleiglanz kommen, sehr leicht diese Umwandlung bewirken, wie das nachstehende Schema zeigt.



Die durch Oxydation des Schwefels im Bleiglanze entstandene Schwefelsäure wird in Verbindung mit Natron als leichtlösliches Salz durch die Gewässer fortgeführt, und das kohlensaure Bleioxyd bleibt zurück.

Berücksichtigen wir die Zusammensetzung so vieler Mineralien aus mehreren Silicaten, berücksichtigen wir die

mancherlei Bestandtheile, welche Gewässer enthalten: so ist einleuchtend, wie Pseudomorphosen entstehen können, in denen wir nur wenige Bestandtheile des ursprünglichen Minerals wiederfinden.

So wenig schwierig die pseudomorphischen Processe von der chemischen Seite zu begreifen sind, so schwierig ist der Umstand, die Beibehaltung der ursprünglichen Krystallform, einzusehen. Es ist von Wichtigkeit, dafs es gelungen ist, auch auf künstlichem Wege Pseudomorphosen darzustellen.

Winkler[1]) bemerkt ganz richtig, dafs die Formerhaltung überhaupt nicht wesentlich sei, denn dieselbe verrathe keineswegs die Art des Processes, sondern eben nur, dafs hier ein Procefs vor sich gegangen; er macht darauf aufmerksam, dafs auch die Beobachtung lehre, dafs alle secundären Kalkabsätze, wo die Umstände günstig, die Formen der organischen Substanzen erhalten hätten, wodurch sie ausgefüllt würden (also nicht die krystallinischen).

Wenn man, nach Berzelius[2]) Eisenoxyd, Eisenoxydhydrat, künstliches oder natürliches, kohlensaures Eisenoxydul, letztere beide in Pulver oder in ganzen Krystallen, einem Strome von Schwefelwasserstoffgas, bei einer Temperatur, die 80° R. übersteigt, aber noch nicht völlig bis zur Glühhitze ausreicht, aussetzt: so werden diese Oxyde in Eisenkies umgewandelt. Wendet man krystallisirte Körper an, so behalten sie ihre Form und ihren Glanz und eine zuvor matte Oberfläche wird auch matt bei der neuen Verbindung. Selbst Bruchflächen und Blätterdurchgänge gleichen denen der ursprünglichen Krystalle; mit einem Worte, man hat hier ein getreues Bild von den Pseudomorphosen im Mineralreiche.

Wöhler[3]) fand, dafs ein inniges Gemeng von geglühtem Brauneisenstein, Schwefel und Salmiak, recht langsam und bei einer Temperatur erhitzt, die nicht viel höher ist, als zur Sublimation des überschüssigen Salmiak erfordert wird, kleine, glänzende Octaeder und Würfel von Eisenkies

---

[1]) Pseudomorphosen, 1855.
[2]) Sechster Jahresbericht. S. 165.
[3]) Poggendorff's Ann. B. XXXVII. S. 238.

liefert. Es ist also hiermit bestätigt, dafs auch auf künstlichem Wege sowohl krystallisirte, als amorphe Körper pseudomorphosirt werden können; und dafs erstere ihre Krystallform beibehalten, letztere die des Umwandlungsproducts annehmen.

Das hydrocyansaure Ammoniak zersetzt sich sehr leicht, selbst in der Atmosphäre, worin es sich gebildet hat, in eine stickstoffhaltige, kohlenartige Substanz, welche die Form der Krystalle behält.

Als Mitscherlich[1]) Alkohol über Eisenvitriolkrystallen bis fast zum Sieden erhitzte, erfolgte eine Zersetzung, obgleich die äufsere Gestalt der Krystalle ungeändert blieb. Beim Herausnehmen und Zerbrechen derselben zeigte sich jeder von ihnen hohl und als eine Geode von glänzenden Krystallen, welche auf die Ebenen der ursprünglichen Krystalle abgesetzt waren. Jene hatten die Form von achtseitigen Prismen und enthielten halb so viel Wasser, wie die gewöhnliche Species.

Stein[2]) wandelte einen Gypskrystall in kohlensauren Kalk um, indem er ihn mit einer Lösung von kohlensaurem Natron mehrere Wochen, bei 40° R., in Berührung liefs. Alle auf der gebogenen Fläche des Krystalls befindlichen Streifen waren hierbei vollkommen erhalten, nicht weniger der Blätter-Durchgang in der Richtung der T-Flächen. Ebenso gelang es ihm, einen Kalkspathkrystall ganz mit Eisenoxydhydrat, unter Beibehaltung der Form und Flächen, zu überziehen, als er denselben in eine verdünnte Auflösung von schwefelsaurem Eisenoxydul legte.

Die Umwandlungs-Pseudomorphosen von Silberglanz in Formen von Rothgültigerz ahmte Stein auf eine einfache Weise nach, indem er die Krystalle des letzteren mit Schwefelaluminium in Berührung brachte. Nach wenigen Stunden war die Umwandlung vollendet. Da Schwefelnatrium dieselbe Wirkung gehabt haben würde, und diese Schwefelleber in Schwefelquellen vorkommt: so könnte dadurch wohl die Umwandlung im Mineralreiche stattgefunden haben.

---

[1]) Poggendorff's Ann. Bd. XI. S. 179.

[2]) Neues Jahrb. für Mineral. Jahrg. 1845. S. 403.

Kuhlmann[1]) gibt einige Angaben über künstliche Darstellung von Pseudomorphosen (Bildung von Manganoxydul durch Einwirkung von Ammoniakgas auf Braunstein bei 300°; Reduction der Metalle aus Kupferoxydul, kohlensaurem und phosphorsaurem Kupferoxyd, kohlensaurem Bleioxyd u. a. bei Berührung mit Zink und verdünnter Schwefelsäure, durch Wasserstoff im Entstehungszustand; Bildung von Schwefelmetallen aus kohlensaurem Kupferoxyd, kohlensaurem Bleioxyd u. a. durch Einwirkung von Schwefelwasserstoff; stets unter Beibehaltung der ursprünglichen Krystallform).

Das Verhalten des Dioptas zu kohlensaurem und zu Schwefelwasserstoffwasser und die damit verknüpfte Ausscheidung von Kieselsäure (Kap. I., No. 35 und 36), sind Beispiele künstlicher pseudomorphischer Processe.

So wie bei diesen künstlichen pseudomorphischen Processen nur unter gewissen Bedingungen, namentlich bei langer Dauer derselben, die Form beibehalten wird: so ist es auch im Mineralreiche. Finden diese Bedingungen nicht statt, so geht die ursprüngliche Krystallform verloren. Hier die vorzüglichsten der bis jetzt bekannt gewordenen Fälle, in denen bei demselben Umwandlungsprocesse in verschiedenen Stufen bald die ursprüngliche Gestalt erhalten worden, bald verloren gegangen ist.

Antimonblüthe nach gediegenem Antimon.

Bleivitriol in der Form von Bleiglanz.

Malachit nach Rothkupfererz. Die vollkommenere Erhaltung der Form scheint mehr bei kleineren Krystallen, oder besonders dann stattgefunden zu haben, wenn ein feiner Ueberzug von Psilomelan oder Brauneisenstein über den Individuen von Rothkupfererz vorhanden war, wodurch deren Schärfe und Glätte gleichsam bewahrt wurde.

Buntkupfererz nach Kupferglanz.

Kaolin nach Feldspath.

Kaolin nach Leuzit.

Antimonblüthe nach Antimonglanz.

Antimonocher nach Antimonglanz.

Pyromorphit nach Bleiglanz.

---

[1]) Vgl. Jahresbericht 1856, S. 411 und Compt. rend. XLII 374.

Kohlensaures Bleioxyd nach Bleiglanz.
Göthit und Brauneisenstein nach Eisenkies.
Brauneisenstein nach Skorodit.
Brauneisenstein nach Würfelerz.
Brauneisenstein nach Eisenspath.
Eisenvitriol nach Eisenkies.
Kobaltblüthe nach Speiskobalt.
Kupferschwärze nach Kupferglanz.
Malachit nach Kupferkies.
Brauneisenstein nach Eisenglanz.

Ophit nach Chondrodit. Da beim Chondrodit noch keine deutlichen Krystallgestalten beobachtet wurden, so kann, streng genommen, von Pseudomorphosen nicht die Rede sein. Die wirkliche Umwandlung desselben in Ophit kann aber nicht bezweifelt werden.

Magneteisen nach Eisenspath.
Kupferpecherz nach Fahlerz.
Malachit nach Fahlerz.

Wir sehen, dafs bei denjenigen Mineralien, welche einer verhältnifsmäfsig schnelleren Zersetzung und Umwandlung unterliegen, die Form häufiger verloren geht, als bei denjenigen, welche sehr langsam verändert werden. Wir sehen ferner, dafs es vorzugsweise Schwefelmetalle und Oxydule (Kupferoxydul, kohlensaures Eisenoxydul, arseniksaures Eisenoxydul) sind, bei welchen die Form häufiger verloren geht, als erhalten wird. Wir wissen, dafs diese Mineralien unter allen am schnellsten zersetzt werden, ja dafs diese Zersetzung, wie beim Eisenkies und vorzugsweise beim Strahlkies, schon in unsern Mineralien-Cabineten innerhalb kurzer Zeiträume von Statten geht. Die Ursache davon liegt nahe vor Augen; denn es wirken hier diejenigen Zersetzungsmittel, Sauerstoff und Kohlensäure, welche, und namentlich jener, die stärksten Verwandtschaften haben. Wenn daher der Sauerstoff, wie beim Strahlkies, sogleich energisch eingreift, so geht die ursprüngliche Form verloren und es gehört nur zu den Seltenheiten, wenn sie erhalten wird.

Es scheint ferner, dafs ein auf dem Mineral sich bildender Ueberzug die ursprüngliche Krystallform häufig erhält. In manchen Fällen besteht dieser Ueberzug aus

einer, dem ursprünglichen, wie dem umgewandelten Mineral fremden Substanz. Es ist bemerkenswerth, dafs nicht selten Brauneisenstein bei der Umwandlung des Rothkupfererz in Malachit, des Bleiglanz in kohlensaures Bleioxyd und in Pyromorphit die Form erhalten hat. In anderen Fällen ist es die umgewandelte Substanz, welche diesen Ueberzug bildet. Es ist nicht minder bemerkenswerth, dafs es bei der Umwandlung des Würfelerz und des Eisenspath in Brauneisenstein gleichfalls eine Rinde von dichtem Brauneisenstein ist, welche die frühere Form erhalten hat.

Jene Rinde von Brauneisenstein, welche in den vorhin genannten Fällen sowohl dem ursprünglichen, als dem umgewandelten Mineral fremd ist, gibt einen Wink in Bezug auf das Genetische. Es kann nicht bezweifelt werden, dafs die Bildung dieses Ueberzugs der erste Act des pseudomorphischen Processes war; denn erst mufste die Schutzmauer vorhanden sein, ehe die Form gegen die Zerstörung geschützt werden konnte. Nichts ist aber leichter zu erklären, als die Bildung des Brauneisenstein; denn es gibt kaum im Mineralreiche ein Wasser, welches nicht wenigstens Spuren von kohlensaurem Eisenoxydul enthielte, und kein Procefs geht rascher von Statten, als die Umwandlung dieses Carbonat in Eisenoxydhydrat. Es durfte demnach ein Mineral nur von Zeit zu Zeit durch herabtropfende Gewässer befeuchtet werden, und es mufste nach und nach ein Ueberzug aus dieser Substanz entstehen, welcher, wie ein Firnifs, die Krystallflächen, Kanten und Ecken schützte. Dieser Schutz war dauernd, da das Eisenoxydhydrat zu den unveränderlichsten und unauflöslichsten Substanzen gehört.

Denken wir uns ein Mineral mit einem solchen Firnifs überzogen, so wird es dadurch gegen Angriffe von aufsen, namentlich gegen Angriffe von Gewässern eben so geschützt, wie Metall und Holz durch Harzfirnisse. Ist aber nur eine einzige Stelle, wo jener Ueberzug von Brauneisenstein nicht völlig undurchdringlich ist, wo etwa durch irgend einen zufälligen Umstand die Bildung desselben gehindert wurde: so konnten hier die Gewässer angreifen und nach und nach in das Innere dringen: So kann das ganze Mineral unter dem Ueberzuge allmälig

in ein anderes umgewandelt werden, ohne dafs die ursprüngliche Form verloren geht.

Die grofse Schwerauflöslichkeit, wenn nicht völlige Unauflöslichkeit des Eisenoxydhydrat zeigt die regenbogenfarbene Haut auf jedem stagnirenden Sumpfwasser, denn sie ist nichts anderes, als der Anfang des sich ausscheidenden Eisenoxydhydrat, und sie erscheint selbst dann, wenn unsere empfindlichsten Reagentien auf Eisen keinen Eisengehalt in dem Sumpfwasser entdecken lassen.

Sollten die wenigen von Blum angeführten Fälle die einzigen sein, wo Brauneisenstein oder irgend eine andere Substanz die ursprüngliche Form erhalten hat? — Ist es nicht sehr wahrscheinlich, dafs man, wenn auf diesen Umstand besondere Aufmerksamkeit gerichtet wird, noch andere ähnliche Fälle finden werde?

Die Rinde von dichtem Brauneisenstein bei der Umwandlung des Würfelerz und des Eisenspath in Brauneisenstein bildete sich höchst wahrscheinlich aus dem Eisenoxydul des arseniksauren und kohlensauren Salzes selbst. Es durften die ursprünglichen Mineralien nur vom Wasser benetzt werden und es wurde dadurch die höhere Oxydation des Eisenoxydul und seine Umwandlung in Eisenoxydhydrat bewirkt.

Bei der Umwandlung des Rothkupfererz in Malachit erwähnt Blum den Psilomelan, bei der des Bleiglanz in kohlensaures Bleioxyd den Quarz, bei der des Fahlerz in Kupferpecherz das dichte Kupferpecherz, welche den schützenden Ueberzug gebildet habe. Es mag leicht sein, dafs der Psilomelan und der Quarz in anderen Fällen dieselbe Rolle spielen, da Ueberzüge von diesen Substanzen nicht zu den Seltenheiten gehören.

Auch bei den Verdrängungs-Pseudomorphosen spielt das Eisenoxydhydrat eine Rolle. So sieht man, wie bei den Verdrängungs-Pseudomorphosen des Brauneisenstein in Formen von Kalkspath die Gewässer zuerst auf den Krystallflächen eine Brauneisenstein-Rinde absetzten und dadurch die Form schützten, dann aber an irgend einer entblösten Stelle in das Innere drangen, den kohlensauren Kalk auflösten und ihn fortführten, so dafs zuletzt jene

Rinde übrig blieb, deren Form den ursprünglichen Kalkspathkrystall anzeigt.

Besonders bemerkenswerth ist das Streben des Brauneisenstein, selbst den Quarz zu bezwingen, ohne dafs er jedoch gewöhnlich diesen Zweck erreicht.

Auf der Insel *Elba* nämlich werden die dünnen und kleinen Quarzkrystalle, welche so häufig den Eisenglanz begleiten, zuweilen von faserigem Brauneisenstein ganz umhüllt; aber sie sind gewöhnlich noch unter dieser Decke vorhanden. Nur höchst selten findet man die Quarzmasse verschwunden und hohle Pseudomorphosen von faserigem Brauneisenstein. Ueberzüge von faserigem Brauneisenstein über Quarzkrystallen kommen übrigens nicht selten vor.

Hier zeigt sich recht deutlich die grofse Schwerlöslichkeit der in die unlösliche Modification übergegangenen Kieselsäure. Daher kommt es auch, dafs wir Pseudomorphosen in Formen von Quarz so selten finden; denn aufser der angeführten, kommen nur noch der Eisenkies und der Speckstein in Formen von Quarz vor. Was indefs den ersteren betrifft, so findet man ihn zwar nicht selten als Ueberzug von Quarzkrystallen; es fehlt aber an bestimmten Angaben, ob der Quarz jemals ganz verschwunden ist[1]).

Wir wollen die Pseudomorphosen des Brauneisenstein in Formen anderer Mineralien hier nicht in das Einzelne verfolgen, sondern nur einiges hervorheben.

Die Pseudomorphosen des Brauneisenstein in Formen von Kalkspath, von *Steben* bei *Hof*, zeigen alle Stufen des Umhüllungsprocesses. Die Kalkspathkrystalle verlieren zuerst ihren Glanz, ihre Durchsichtigkeit und Farbe, sie werden trübe, matt und färben sich bräunlichgelb. Die Rinde von Brauneisenstein wird immer deutlicher und stärker, im Innern ist noch ein Kern von Kalkspath; ist aber der Procefs vollendet, so ist der Kalkspath ganz verdrängt und die Krystalle sind hohl.

Wer kann hier verkennen, dafs es Gewässer waren, welche durch theilweise Auflösung des kohlensauren Kalk die Krystallisation der Moleküle zerstörten und gleichzeitig Eisenoxydhydrat in den leeren Zwischenräumen absetzten,

---

[1]) Blum a. a. O. S. 300.

wodurch die bräunlichgelbe Färbung entstand? Diese Gewässer setzten auf den Krystallflächen die Brauneisensteinrinde ab, und schützten dadurch die Form. An irgend einer entblösten Stelle drangen sie aber in das Innere, lösten den kohlensauren Kalk auf und führten ihn fort, so dafs zuletzt jene Brauneisensteinrinde übrig blieb, deren Form den ursprünglichen Kalkspathkrystall anzeigt.

Aehnliche Verhältnisse zeigen sich bei den Pseudomorphosen des Brauneisenstein in Formen von Barytspath, Flufsspath, Bitterspath, Bleiglanz, Pyromorphit, kohlensaurem Bleioxyd und Rothkupfererz. Alle diese Pseudomorphosen sind mehr oder weniger hohl, indem das ursprüngliche Mineral ganz oder theilweise fortgeführt worden ist.

Die merkwürdigen Verdrängungs-Pseudomorphosen des Eisenoxyd in Formen von Kalkspath dürften in dieselbe Kategorie gehören. Wir behalten uns vor, davon bei einer andern Gelegenheit zu handeln.

Wir lassen nun noch Einiges folgen, welches gleichfalls die wichtige Rolle des Eisenoxydhydrat und des Dolomit bei den Verdrängungs-Pseudomorphosen anzeigt.

Quarz nach Barytspath. Die meisten Krystalle zeigen, wenn sie durchbrochen sind, feine röthlich-schwarze Streifen von Eisenoxyd, welche die frühere Dicke der Barytspathkrystalle andeuten, und nichts anderes, als die Querdurchschnitte einer feinen Eisenoxyd-Lage sind, die sich auf der Oberfläche des ursprünglichen Barytspathkrystall angelegt hatte.

Gyps nach Steinsalz. Beim Durchbrechen der Krystalle bemerkt man eine Haut von Dolomit, welche das Ganze umgibt.

Quarz nach Flufsspath. Die Würfelkrystalle von Quarz vom *Rothenberge* bei *Schwarzenberg* zeigen sich bisweilen rein, sehr scharfkantig und nur auf der Oberfläche etwas roth gefärbt; meist aber haben sie eine Rinde von Rotheisenstein. In den Barytspath-Gängen bei *Schriesheim* finden sich papierdünne Ueberzüge von Quarz, welche sich über Flufsspath angelegt hatten, der aber ganz verschwunden ist.

Quarz nach Kalkspath. Die Pseudomorphosen vom *Teufelsgrunde* bei *Münsterthal* in *Baden* haben einen feinen

Ueberzug von Bitterspath, der dieselben theilweise, selten ganz bedeckt.

Kieselzink nach Kalkspath. Man findet Krystalle von schwärzlichbrauner oder ochergelber Farbe, welche von einem Ueberzuge von Brauneisenocher herzurühren scheint.

Bei den Umwandlungs- und Verdrängungs-Pseudomorphosen kommt noch in Betracht, ob das neue Mineral, welches durch den pseudomorphischen Procefs entsteht, eine eigene selbstständige Krystallgestalt hat, oder nicht. Ein nichtkrystallisirbares Mineral kann sich leicht in fremde Formen schmiegen; hat es aber seine eigenthümliche Krystallform, so müssen bei der Pseudomorphose besondere Umstände stattfinden, welche der Annahme der selbstständigen Form entgegentreten. Im Vorhergehenden haben wir einen solchen Umstand in dem sich bildenden Ueberzuge kennen gelernt. Ob dieser der einzige ist, oder ob noch andere Umstände die Annahme der selbstständigen Form verhindern können, müssen wir dahin gestellt lassen.

Die so häufigen Pseudomorphosen des Speckstein, Kaolin, Brauneisenstein, Chalcedon in Formen anderer Mineralien gehören zu denjenigen, wo das neue Mineral nicht krystallisirbar ist.

Zählt man in Blum's Werken alle Fälle zusammen, in denen das neue Mineral keine selbstständige Krystallgestalt hat: so finden sich

unter den Umwandlungs-Pseudomorphosen .	69
unter den Verdrängungs-Pseudomorphosen .	59 [1]
Sa.	128

Die Zahl der Fälle, in denen das neue Mineral eine selbstständige Krystallgestalt hat, beläuft sich

unter den Umwandlungs-Pseudomorphosen auf	111
unter den Verdrängungs-Pseudomorphosen auf	68
Sa.	179

Oben haben wir unter den Umwandlungs-Pseudomorphosen ungefähr 20 Fälle kennen gelernt, in denen das

---

[1] Die Verdrängungs-Pseudomorphosen des Quarz nach Formen anderer Mineralien haben wir dazu gerechnet, weil der Quarz im Mineralreiche häufiger im amorphen, als im krystallisirten Zustande vorkommt.

neue oder umgewandelte Mineral sowohl in seiner eigenen Gestalt, als in der des ursprünglichen Minerals erscheint. Ziehen wir diese von jenen 111 Fällen ab, so bleiben 91 übrig. Dies ist also die Zahl der Fälle, wo bei den Umwandlungen stets die Form des ursprünglichen Minerals beibehalten wird. Es ist aber klar, dafs darunter viele sein können, in denen unter gewissen Umständen die Form verloren geht; denn diese Fälle sind es ja gerade, welche am schwierigsten zu ermitteln sind. Glocker[1]) macht darauf aufmerksam, dafs chemisch einander sehr nahe stehende Substanzen sich ineinander umwandeln können; dabei kann die eine auch die krystallinische Structur der andern zugleich mit der ganzen innern Beschaffenheit annehmen, aber unter Beibehaltung ihrer äufsern Form, z. B. Hornblende nach Augit.

Erfolgen die Umwandlungen und Verdrängungen im Mineralreiche auf trocknem oder ausschliefslich auf nassem Wege? — Dies ist eine der wichtigsten Fragen, deren Beantwortung wir versuchen wollen.

Blum hat für die Lösung des Problems sehr viel vorbereitet. Die aus der Betrachtung der Pseudomorphosen geschöpfte Ueberzeugung, dafs die Processe, wodurch sie von Statten gegangen sind, von einer langen, sehr langen Dauer waren, weist uns von selbst auf Vorgänge im Mineralreiche, welche sich zwar unsern Augen entziehen, deren Realität wir aber nicht bezweifeln können. Es ist die Schuld der Chemiker, dafs die Mineralogen nicht schon längst den richtigen Weg zur Erklärung gefunden haben. Wie konnten diese die Ursache der Umwandlungen und Verdrängungen im Mineralreiche in Gewässern suchen, welche die Gebirgsgesteine durchdringen, wenn sie von den Chemikern hörten, dafs gerade diejenigen Substanzen, welche eine wichtige Rolle spielen, wie schwefelsaurer Baryt, Kieselsäure, Silicate u. s. w., zu den unauflöslichen gehören? — Indefs zwei Quellen der Erkenntnifs waren den Mineralogen zugänglich. Dafs sie daraus nicht geschöpft haben, ist nicht die Schuld der Chemiker.

Die zahllosen Analysen von Gewässern, nicht blos

---

[1]) Poggendorff's Ann. Bd. XCVI. S. 265.

eigentlicher Mineralwasser, sondern auch süfser Quellen, welche überall mehr oder weniger erdige Bestandtheile nachgewiesen haben, zeigen ebenso die Löslichkeit derselben im Wasser, als die Möglichkeit, dafs auf deren Kosten Umwandlungen und neue Bildungen im Mineralreiche von Statten gehen können. Was aus diesen Bestandtheilen, selbst wenn nur Spuren davon im Wasser enthalten sind, geschaffen werden kann, zeigt jede Ernte von Getraide, Heu u. s. w., zeigt die Asche, welche beim Verbrennen des Holzes zurückbleibt. Die grofsen Quantitäten Pottasche, welche zu verschiedenen Zwecken verbraucht werden, was sind sie anders, als das Werk des Vegetationsprocesses? — Nehmen die Pflanzen Alkalien, Erden, Eisenoxyd, Kieselsäure u.s.w. aus dem Boden auf, so müssen dieselben ihnen zugeführt werden, und dieses kann nur das Wasser thun. Bringen nun diese im Wasser aufgelösten Stoffe jedes Jahr eine neue mineralische Schöpfung im Pflanzenreiche hervor; warum sollten sie nicht auch Neues im Mineralreiche schaffen können?

Haidinger, der so ausgezeichnete Verdienste um die Kenntnifs der Pseudomorphosen hat, sprach in einer früheren Abhandlung[1]) die Ansicht aus, dafs die Processe, wodurch sie entstehen, durch die bekannten Gesetze der chemischen Affinität unerklärlich erscheinen. Später[2]) versuchte er eine, auf elektrochemischen Gegensätzen beruhende Eintheilung der Pseudomorphosen in zwei Hauptklassen aufzustellen. Dafs aber damit für die Erklärung der Pseudomorphosen nichts gewonnen ist, habe ich gezeigt und auch Haidinger scheint von seiner Ansicht zurückgekommen zu sein.

Sehen wir destillirte Wasser, Regenwasser, in das Gebirgsgestein eindringen und am Fufse desselben mit mancherlei mineralischen Stoffen beladen als Quellen zu Tage kommen: so beweist dies offenbar, dafs diese Gewässer Stoffe aus dem Gesteine aufgenommen haben. So wie aber Wasser Stoffe, wenn auch in noch so geringen Quantitäten,

[1]) Poggendorff's Ann. Bd. XI. S. 392.

[2]) Ueber die Pseudomorphosen und ihre anogene und katogene Bildung. Ebend. Bd. LXII. S. 161. fg. und 306 fg.

aufgelöst hat: so ist es eine Flüssigkeit geworden, welche fähig ist, Reactionen nach den Gesetzen der einfachen und doppelten Wahlverwandtschaft hervorzurufen.

Wir werden später sehen (Kap. XX. Schwefelsaurer Baryt), wie einer der schwerlöslichsten und schwerzersetzbarsten Körper des Mineralreichs, der schwefelsaure Baryt, durch eine verdünnte Lösung eines kohlensauren Alkali noch bei einer Temperatur von 20°—22° so merklich zersetzt wird, dafs sich die Zersetzung durch Reagentien nachweisen läfst. Nehmen wir an, ein durch ein Gebirgsgestein filtrirendes Wasser habe kohlensaures Natron aufgenommen und komme hierauf mit Barytspath bei obiger Temperatur in Berührung: so wird dieselbe Zersetzung von Statten gehen, und, wenn der Procefs lange genug anhält, endlich aller Barytspath zersetzt werden, sei seine Quantität auch noch so grofs. Hier haben wir ein Beispiel eines Processes, der hervorgerufen wird durch die Reaction eines Stoffes, womit sich das Wasser vor seinem Zusammentreffen mit Barytspath beladen hat.

Der Einflufs der Temperatur bei den chemischen Processen im Mineralreiche kann daher nicht bezweifelt werden. Von geringerer Bedeutung erscheint er aber, wenn die pseudomorphischen Processe an den Stellen von Statten gegangen sein sollten, und noch von Statten gehen, wo wir die Pseudomorphosen finden. So weit wir in die Erdkruste zu dringen vermögen, in den Tiefen, aus welchen wir die Pseudomorphosen hervorholen, sind die Temperatur-Verhältnisse so wenig von denen auf der Oberfläche verschieden, dafs ihr Einflufs bei weitem in den meisten Fällen als eine verschwindende Gröfse zu betrachten sein dürfte.

Viel weniger, als die Temperatur, scheint der Druck bei den pseudomorphischen Processen zu concurriren. Bunsen[1]), welcher einen Versuch Wöhler's in einem einfachen Apparat anstellte, worin ein mefsbarer Druck von 100—150 Atmosphären hervorgebracht werden konnte, fand, dafs ein stundenlang wirkender Druck von selbst 79 Atmosphären, ohne Wärmeerhöhung, nicht im geringsten auf Apophyllitpulver wirkt, und dafs sich ebenso

[1]) Annalen der Chemie und Pharmacie B. LXV. p. 82.

gepülverter Palagonit unter einem Drucke von 103 Atmosphären nur spurweise im Wasser löst, während er sich beim Kochen mit Wasser unter gewöhnlichem Atmosphärendrucke in weit erheblicherer Menge zersetzt und löst[1]). Dem Drucke an sich kann daher kein wesentlicher Einflufs auf chemische Kräfte zugeschrieben werden. James Thomson[2]) bewies, dafs, wenn das fundamentale Axiom von Carnot's Theorie der bewegenden Kraft der Wärme

[1]) Auch andere Versuche Bunsen's zeigen, dafs der Druck allein weder das Auflösungsvermögen der Flüssigkeiten vermehren, noch, wie erhöhte Temperatur, Zersetzungen bewirken kann. Haare, die sich unter dem Drucke von ein Paar Atmosphären nicht viele Grade über dem Siedpunkte des Wassers in wenigen Minuten lösen, mehrere Stunden lang einem Drucke von 50 bis 60 Atmosphären, ohne die Temperatur über 48° R. zu erhöhen, ausgesetzt, zeigen nicht die mindeste Veränderung. Wird Kochsalz, welches bekanntlich bei allen Temperaturen zwischen 0° und 87,8° R. fast ganz gleich löslich im Wasser ist, als gesättigte Lösung mit einem kleinen Ueberschusse von festem Kochsalz einem Drucke von 67, ja sogar von 100 Atmosphären ausgesetzt: so zeigt sich weder eine Lösung des festen Salzes, noch eine Abscheidung des gelösten.

Bunsen fand, dafs sich die Carbonate der Baryt-, Strontianerde u. s. w. bei ungefähr 160° in Salmiakflüssigkeit lösen, und beim langsamen Erkalten in oft millimeterlangen Krystallnadeln wieder abscheiden. Auch hier findet in den hermetisch verschlossenen Röhrchen, die zur Erhitzung bei solchen Versuchen dienen, ein Druck von etwa 15 Atmosph. statt. Läfst man ohne Temperaturerhöhung nur diesen Druck oder das Doppelte desselben auf die Flüssigkeit allein wirken: so zeigt sich keine Spur einer Wirkung. Eine harnstoffhaltige Chlorbariumlösung bis zu 180° R., also unter einem Drucke von höchstens 3 Atmosph. erhitzt, beginnt schon nach wenigen Minuten sich in Salmiak und kohlensauren Baryt zu zersetzen. Sechs Stunden lang dem abwechselnden Drucke von $\frac{1}{2}$ bis 30 Atmosph. ausgesetzt, zeigte sie auch nicht die mindeste Trübung von kohlensaurem Baryt.

Nach diesen sehr interessanten Untersuchungen Bunsen's ist es nicht zweifelhaft, dafs das von den Gebrüdern Siemens in *Berlin* patentirte Verfahren (Kunst- und Gewerbeblatt 1847. H. IV. P. 265), Kieselsäure durch Digeriren mit einer Lösung von Aetzalkalien, in einem ganz verschlossenen Dampfkessel, unter einem Drucke von 4—5 Atmosphären aufzulösen und zur Erzeugung künstlicher Steine zu benutzen, wesentlich, wenn nicht ausschliefslich, auf die höhere Temperatur gegründet ist. Die Aetzalkalien lösen in solch hohen Temperaturen ihre 3- bis 4fache Menge Kieselsäure auf.

[2]) Transactions of the Royal Society of Edinburgh Vol. XVI. p. 5.

zugelassen wird, sich daraus als strenge Folgerung ergibt, dafs die Temperatur des Schmelzens des Eises durch Wirkung des Drucks erniedrigt wird. Sein Bruder William Thomson[2]) bewies hierauf auf experimentalem Wege, dafs diese Erniedrigung schon durch einen Druck von wenigen Atmosphären merklich wird. Bunsen[3]) zeigte durch Versuche, dafs ein Körper bei Druck-Differenzen von kaum 100 Atmosphären seinen Schmelzpunkt um mehrere Centesimalgrade ändern kann. Er glaubt es daher als entschieden annehmen zu dürfen, dafs der Druck auf das Festwerden der vulkanischen Gebirge und auf die chemische Constitution der darin auftretenden Gemengtheile einen grofsen, vielleicht noch gröfseren Einflufs ausgeübt habe, als selbst die Verhältnisse der Abkühlung.

Wäre entfernt daran zu denken, dafs die Pseudomorphosen auf plutonischem Wege von Statten gehen könnten: so möchte dem Druck vielleicht ein Einflufs zuzuschreiben sein. In zugänglichen Tiefen, wo jetzt noch pseudomorphische Processe vor sich gehen, ist aber die Wirkung des Drucks eben so, wie die einer bedeutend erhöhten Temperatur ausgeschlossen.

Wie die Verwandtschaften bei pseudomorphischen Processen durch verschiedene Umstände modificirt werden, diese Frage ist erst dann aufzuwerfen, wenn man über den Weg, auf welchem dieselben vor sich gegangen sind und noch vor sich gehen, im Reinen ist.

Wir können nur zwei mögliche Wege uns denken: den nassen oder den plutonischen. Alles was darüber hinaus geht, kann nur in eine Sprache gehüllt werden, die vieldeutig, aber defshalb nicht klar ist.

Die Bildung eines Minerals, welches pseudomorphosirt werden soll, müssen wir uns vor der Pseudomorphose als eine vollendete denken. Stellen wir uns auf den Standpunkt des Plutonisten, und suchen wir die pseudomorphischen Processe durch die Wirkung des Feuers zu erklären.

Geschmolzene Massen, wenn sie einer krystallinischen

---

[1]) Proceedings of the Royal Society of Edinburgh Febr. 1850.
[2]) Poggendorff's Ann. Bd. LXXXI. S. 562.

Ausbildung fähig sind, krystallisiren bei sehr langsamer Erstarrung. Amorphe Massen, wie Glas, nehmen eine krystallinische Structur an, wenn sie bis zum Weichwerden erhitzt werden, und sehr langsam erkalten. Die Bestandtheile ordnen sich anders und gruppiren sich. Es zeigt sich also unter diesen Umständen eine gewisse Beweglichkeit in stark erhitzten starren Massen. Wären Pseudomorphosen blos Formveränderungen, so könnte man sich denken, daſs sie auf diesem Wege von Statten gegangen wären. Formveränderungen sind sie aber gerade nicht; sondern mit Beibehaltung der Form änderte sich die Materie in ihnen. Veränderungen der Materie können jedoch nur stattfinden, wenn aus einem zusammengesetzten Körper entweder Bestandtheile ausgeschieden, oder neue aufgenommen werden, oder wenn beides zugleich geschieht.

Solche Ausscheidungen müſsten also stattfinden, wenn ein in hoher Temperatur gebildeter Krystall einer Wiedererhitzung ausgesetzt würde. Allerdings weiset die Chemie Beispiele nach, wie in einer gewissen Temperatur gebildete Verbindungen in höherer wieder zersetzt werden. Das in der Siedhitze des Quecksilbers gebildete Quecksilberoxyd wird z. B. in stärkerer Hitze wieder zersetzt u. s. w. Von solcher Art sind aber nicht die pseudomorphischen Processe.

Die Erhaltung der Krystallform setzt voraus, daſs die Wiedererhitzung eines Minerals, welches auf feuerflüssigem Wege gebildet worden wäre, nicht bis zum Schmelzen steigen durfte. Wie soll man sich aber denken, daſs es in blos glühendem Zustande Bestandtheile verlöre und andere aufnähme? — Wie konnten freistehende Krystalle in Drusenräumen durch Hitze Veränderungen erleiden? Davon können wir abstrahiren, daſs durch den Sauerstoff der durch die Hitze sehr verdünnten Luft Eisen- und Manganoxydul hätten höher oxydirt werden können.

Eben so wenig ist anzunehmen, daſs durch Sublimation Stoffe entfernt und zugeführt werden könnten; denn wohin sollten sie kommen? — Weit weg könnten sie durch die Sublimation nicht geführt werden, abgesehen davon, daſs solche Annahmen bei Mineralien, wie bei den meisten Silicaten, deren Bestandtheile sich nicht einmal in der Schmelzhitze verflüchtigen, eine Unmöglichkeit in sich schlieſsen.

Welche Ursache endlich soll die Wiedererhitzung des Minerals bewirkt haben? — Wir mögen die Sache drehen und wenden, wie wir wollen, wir können mit einer auf plutonischem Wege von Statten gegangenen Pseudomorphose keine klaren Begriffe verknüpfen.

Sublimationen können auf doppelte Weise gedacht werden: erstens durch ein mechanisches Fortführen fein zertheilter, fester Körper, wie z. B. der Rufs in den Kaminen durch die aufsteigenden Gasarten fortgeführt wird: zweitens durch den Uebergang eines Körpers in den gasförmigen Zustand, auf welche Weise die Sublimationen in unsern Laboratorien bewirkt werden. Auf jenem Wege könnten Sublimationen in wenig erhöhter Temperatur gedacht werden; ihre Annahme entbehrt aber aller Wahrscheinlichkeit. Schwerlich würden auch solche mechanisch fortgeführten Stäubchen sich regelmäfsig gruppiren und Krystalle bilden, wie sie sich als Ueberzüge finden. Die Sublimationen auf dem zweiten Wege, die eigentlich chemischen, würden in der Tiefe der Gänge so hohe Temperaturen voraussetzen, dafs die sublimirenden Substanzen in den gasförmigen Zustand übergeführt werden könnten.

Nehmen wir in der Tiefe auch die höchsten Hitzgrade an, um Substanzen, wie Kupferkies, Flufsspath u. s. w., welche als Ueberzüge erscheinen, zu verflüchtigen: so ist doch nicht zu übersehen, dafs nur die flüchtigsten, wie Wasser, weit unter ihrem Verdampfungs-Punkte noch im gasförmigen Zustande bestehen können. Jene feuerbeständigen Stoffe, gasförmig gedacht, würden sich gleich unter ihrer Verdampfungs-Hitze condensiren. Von da an, wo in einem Gange solche Sublimate sich noch vorfänden, bis zum eigentlichen Sublimations-Heerde hinab, hätten daher die Gänge mit allen ihren früher gebildeten Gangmassen bis zu dieser Verdampfungshitze erhitzt werden müssen, wenn die Dämpfe nicht schon in der Tiefe sich hätten condensiren sollen. Durch welche Ursache hätte aber eine solche Erhitzung, namentlich in Gängen im sedimentären Gebirge eintreten können?

Allerdings sehen wir bei unsern künstlichen Sublimationen, wie sich die Stelle, wo sich der Sublimat ansetzt, in Folge der Condensation der Dämpfe nach und nach er-

hitzt, und wie diese Erhitzung bis zu den fernsten Punkten, wo noch Anflüge erfolgen, fortschreitet. Geschieht es indefs, dafs der Sublimat an einer Stelle den Canal des Sublimir-Gefäfses, in welchem die Dämpfe aufsteigen, verstopft: so hört natürlich die weitere Sublimation bis zu entfernteren Stellen auf. Dies würde in den Gängen ohne Zweifel noch früher stattgefunden haben, da die vorhandenen Gangmassen, nur wenig Zwischenräume lassend, sich bald verstopft haben würden. Sublimirte Mineralien könnten sich daher in Gängen nur ganz nahe über dem Sublimations-Heerde ansetzen, sofern nicht durch irgend eine unbekannte Ursache der Gang bis nahe zu seinem Ausgehenden so weit erhitzt worden wäre, dafs die Dämpfe uncondensirt bis zu den höchsten Höhen hätten aufsteigen können. In diesem Falle würden aber die vorhanden gewesenen Mineralien nicht blos an ihrer untern Seite, sondern ringsumher mit dem Sublimate bekleidet worden sein; denn hängen wir einen fremden Körper in den Hals eines Sublimirgefäfses, so setzt sich der Sublimat ringsherum an.

Man sieht, aus der Sublimations-Theorie lassen sich die Umwandlungen in den Erzgängen und die Bekleidungen mancher Mineralien mit anderen auf einer gewissen Seite nicht erklären. Wären die Gangspalten Krater ehemaliger Vulkane, deren Seitenwände durch das Aufsteigen von Lava erhitzt worden wären: so könnte man manche Mineralien in den Gängen für Sublimate halten, die, nach beendigten vulkanischen Eruptionen, aus der Tiefe im gasförmigen Zustande aufgestiegen wären; denn wir finden in den Kratern unserer Vulkane wirklich solche Sublimate. Allein es zeigen sich, abgesehen von der Unähnlichkeit in der Gestaltung der Erzgänge und der Krater-Canäle, weder an den Spalten-Wänden Spuren ehemaliger plutonischer Wirkungen, noch Lavaströme in ihrer Nähe.

Was die Erscheinung betrifft, dafs manche Substanzen auf Gängen nur auf einer Seite von früher vorhanden gewesenen Mineralien vorkommen: so ist leicht einzusehen, dafs Gewässer, je nachdem sie in einem Gange vom Hangenden oder vom Liegenden des Nebengebirges kommen, nur an dieser oder an jener Seite der vorhandenen Mineralien hinabsickern, mithin nur nach einer gewissen Rich-

tung hin Absätze bilden werden. Dieses Verhältniſs wird besonders hervortreten, wenn die Spaltenwände gegen die Verticale geneigt sind. Selbst wenn in manchen Gängen die Mineralien auf der nach unten gekehrten Seite mit den Ueberzügen bekleidet sein sollten: so würde dieses Verhältniſs doch darin seine Erklärung finden, daſs die an den Mineralien hinabsickernden Wassertropfen, wie bei den Tropfsteinen, erst an der untern Fläche der Krystalle zur Verdunstung kämen.

Folgender Umstand zeigt die Ansicht von pseudomorphischen Processen auf plutonischem Wege in ihrer völligen Blöſse.

Breithaupt[1]) führt an, daſs sich Umhüllungs-Pseudomorphosen von Quarz nach Fluſsspath und Kalkspath auf den Eisengruben bei *Schwarzenberg, Eibenstock* und *Johann-Georgenstadt,* am ausgezeichnetsten am *Riesenberge,* finden. Auf diesem mächtigen Gangzuge von Rotheisenstein hat man noch nie eine Spur von Kalk- oder Fluſsspath gefunden; vielmehr nimmt in den meisten Fällen der Quarz den von diesen Mineralien erfüllt gewesenen Raum ein. Gleichwohl sind im *sächsischen Erzgebirge* Kalk- und Fluſsspath die frequentesten Gangarten. Auf den Kobalt- und Silbererz-Gängen der Grube *Fürstenvertrag* bei *Schneeberg* findet sich der Quarz gleichfalls in Octaedern und Würfeln von Fluſsspath und in Rhomboedern von Kalkspath. Auf diesen Gängen wird aber jetzt keine Spur von Fluſsspath angetroffen, und der wenige Kalkspath, welcher vorkommt, ist nie rhomboedrisch.

Wie und wohin hätte irgend ein plutonischer Proceſs solche bedeutende Massen von Fluſsspath und Kalkspath fortführen können? — Man wird doch nicht annehmen wollen, sie hätten sich aus den Gängen hinaus in die Atmosphäre sublimirt, oder eine Sublimatio per descensum habe sie in unergründliche Tiefen des Erdinnern geführt? — Welcher andere Weg, als die Fortführung durch Gewässer, kann hier befriedigende Erklärung geben? — Wir brauchen uns dann nicht in den nächsten Umgebungen nach den fortgeführten Substanzen umzusehen; denn

[1]) Ueber die Aechtheit der Krystalle u. s. w. S. 40 ff.

was in den, in Gebirgsgesteinen circulirenden Gewässern sich aufgelöst hat, kann seinen Absatz erst im Meere finden.

Hier wie überall bei den pseudomorphischen Processen führt nur der nasse Weg zur einfachen und befriedigenden Erklärung. Die Gewässer mit ihrem beigemischten Kohlensäure- und Sauerstoffgas sind die einzigen Substanzen, welche Ortsveränderungen zeigen; sie sind es, die nach hydrostatischen und capillaren Gesetzen überall hindringen, wo nicht die Materie hermetisch verschlossen ist. Dafs selbst in der Chemie für unlöslich angenommene Erden, Salze u. s. w. nicht absolut unlöslich sind, ist eine Thatsache, welche die Möglichkeit des Fort- und Zuführens selbst solcher Stoffe zeigt.

Doch wir führen weitere Thatsachen an, welche gegen die pseudomorphischen Processe auf plutonischem Wege sprechen. W. Philipps[1]) erwähnt einer Stufe aus hohlen cubischen Krystallen (wahrscheinlich Pseudomorphosen nach Formen von Flufsspath) die aus kleinen Krystallen von Quarz zusammengesetzt und beinahe mit Wasser angefüllt sind. Freiesleben[2]) führt Quarzkrystalle nach Kalkspath-Rhomboedern an, welche zuweilen aus einer dünnen drusigen Schale bestehen, in der deutliche Wasser- und Luftblasen eingeschlossen sind. Solche Pseudomorphosen weisen deutlich ihren Ursprung nach.

Unter den 156 Umwandlungs-Pseudomorphosen, welche Blum beschreibt, finden sich nicht weniger als 90, die wasserhaltig sind, während die ursprünglichen Mineralien, aus denen letztere entstanden, wasserfrei waren. Dafs bei diesen pseudomorphischen Processen Wasser gegenwärtig sein mufste, wird wohl Niemand bezweifeln. Vielleicht dafs man aber, um die plutonische Ansicht zu retten, Zuflucht zu glühend heifsen Wasserdämpfen nimmt, welche die Umwandlung bewirkt haben!

Die von aufsen nach innen fortschreitende Zersetzung des Feldspath in Kaolin erfolgt durch eindringende Tagewasser, Cordierit, Andalusit, Wernerit und Turmalin gehören zu den wasserfreien Mineralien, in mehreren Varietäten derselben stellt sich aber ein gröfserer oder gerin-

[1]) Mineralogy 1823. p. 7.

[2]) Magazin für die Oryktognosie von Sachsen. Heft II. S. 107.

gerer Wassergehalt ein, welcher die beginnende Umwandlung andeutet. Haidinger[1]) bemerkt, wie die Umwandlung des Cordierit mit der Aufnahme von Wasser beginne und dafs es bei fortschreitender Zersetzung wieder abnehme.

Unter den oben genannten 156 Umwandlungs-Pseudomorphosen in Blum's Werken finden wir ferner 15, in denen die ursprünglichen Mineralien schon wasserhaltig waren. Bei diesen erscheint es zwar nicht als nothwendig, dafs während der Umwandlung Wasser hinzutrat, sofern sich nicht der Wassergehalt vermehrte; allein wie könnte man sich denken, dafs sich ein wasserhaltiges Mineral in ein anderes wasserhaltiges auf plutonischem Wege umwandelte?

Die vorwaltende Zahl von wasserhaltigen Umwandlungs-Pseudomorphosen zeigt deutlich, dafs das Wasser hierbei eine wesentliche Rolle spielt. Unter den noch übrigen 51 Umwandlungs-Pseudomorphosen finden wir 13, bei denen das ursprüngliche Mineral wasserhaltig, das umgewandelte wasserfrei ist, und 38, bei denen beide wasserfrei sind. Schwerlich wird man aber dies für einen Grund halten, dafs diese Umwandlungen auf plutonischem Wege erfolgt seien; denn wenn ein Mineral nur im wasserfreien Zustande existiren kann, so kann es, auch aus dem Wasser krystallisirend, nichts davon aufnehmen, wie die grofse Zahl von wasserfreien Salzen zeigt, welche wir in unsern Laboratorien aus wässrigen Lösungen krystallisiren lassen.

Wir halten es für überflüssig, die von Blum zusammengestellten Verdrängungs-Pseudomorphosen auf gleiche Weise zu classificiren. Bei diesen, wo das ursprüngliche Mineral gänzlich verschwindet und ein neues an die Stelle tritt, kann einer andern Vorstellung, als einer Zu- und Fortführung durch Wasser, nicht im entferntesten Raum gegeben werden. Finden wir Quarz in Formen von Barytspath, oder Brauneisenstein in Formen von Quarz: so kann weder der Barytspath noch der Quarz, da sie zu den strengflüssigsten und feuerbeständigsten Körpern gehören, als geschmolzene Massen oder als Sublimate fortgeführt, noch

[1]) Ueber den Cordierit. Abhandlungen der k. böhm. Gesellschaft der Wiss. V. Folge. Bd. IV. Prag 1845 S. 8 ff.

kann der durch mäfsige Hitze so leicht zersetzbare Brauneisenstein in diesen Zuständen zugeführt worden sein.

Die Thatsache, dafs die Pseudomorphose der Mineralien so häufig mit der Aufnahme von Wasser beginnt, kann nicht genug hervorgehoben werden. Wo weder der Sauerstoff oxydiren, noch die Kohlensäure Carbonate bilden kann, wo also in den Mineralien weder höher oxydirbare Oxyde noch mit Kohlensäure verbindbare Basen vorhanden sind, da ist es das Wasser, welches dahin wirkt, ihre Selbstständigkeit aufzuheben. Die Aufnahme des Wassers von den Mineralien gehört in die Kategorie der Bildung von Hydraten und krystallisirten Salzen aus Oxyden und Salzen, wenn sie dem Wasser oder auch nur der feuchten Luft ausgesetzt sind. Die Umwandlung der an der Luft liegenden Alkalien und alkalischen Erden, der wasserfreien Phosphorsäure in Hydrate, die Umwandlung des wasserfreien schwefelsauren Kalk in wasserhaltigen, bei der Verfertigung der Gypsfiguren, bieten Beispiele dieser Art dar. Auch die Zerfliefsbarkeit verschiedener chemischer Präparate, wie des Chlorcalcium, gehört in diese Kategorie.

Die Chemie zeigt viele Erscheinungen, dafs sich Hydrate (Thonerde-, Eisenoxyd- und Kupferoxydhydrat u. s. w.) viel leichter mit Säuren verbinden, als die von ihrem Hydratwasser befreiten Oxyde; ja manche von diesen werden dadurch ganz unlöslich in Säuren. Aeufsern sich nun die Affinitäten bei künstlich dargestellten Substanzen weit stärker, wenn dieselben hydratisirt, als wenn sie wasserfrei sind: so ist begreiflich, dafs auch Mineralien im hydratisirten Zustande Umwandlungs- und Zersetzungs-Processen leichter unterliegen, als im wasserfreien. Es ist also wohl denkbar, wie z. B. der Cordierit erst dann einer Reihe von Umwandlungs-Processen fähig wird, wenn er vorher Wasser aufgenommen hat.

So wie es künstliche Salze gibt, welche ihr Krystallwasser an die Luft abgeben: so bietet auch das Mineralreich ähnliche Fälle dar. Der Laumontit und andere Zeolithe verwittern an der Luft, indem sie ihr Krystallwasser verlieren. Eben defshalb können sich solche Mineralien nur in einem mit Wassergas gesättigten Raume, wie ein solcher in Drusenräumen denkbar ist, gebildet haben. Wir

haben sogar Gründe zu vermuthen, dafs manche Hydrate, wie das Eisenoxydhydrat bei seiner Umwandlung in Eisenoxyd, schon in gewöhnlicher Temperatur während einer langen Zeit ihr Wasser verloren haben. Vielleicht dafs auch Andalusit und Chiastolith aus wasserhaltigem Thonerdesilicat durch Verlust seines Wassers entstanden sind.

Zu den merkwürdigsten Erscheinungen gehören die von innen nach aussen fortschreitenden Zersetzungen mancher Mineralien: Erscheinungen, welche selbst auf nassem Wege schwierig, auf plutonischem aber gar nicht zu erklären sind.

Im Porphyr vom *Teufelsgrund* im *Schwarzwald* finden sich z. B. Feldspathkrystalle, welche, oft die Länge eines Zolls erreichend, im Innern zu einer Kaolin-artigen Masse verwittert, an den äufsern Grenzen aber noch völlig unalterirt sind. Sie sitzen so fest im Gesteine, dafs sich keine äufseren Flächen bloslegen lassen. Werden solche Krystalle durchgeschlagen, so erscheint die Kaolin-artige Masse wie von einem etwa ½ Linie breiten glänzenden Rahmen unveränderten Feldspaths umgeben.

Es mufs auffallen, dafs die Gewässer, welche diese Zersetzung bewirkt haben, nicht zwischen die Feldspathkrystalle und die äufsere Masse, in welcher sie sitzen, wo man doch der Natur der Sache nach vorzugsweise capillare Zwischenräume erwarten könnte, sondern in das Innere der Krystalle getreten sind. Es mufs um so mehr auffallen, da jener ziemlich gleich breite Rahmen andeutet, dafs genau im Mittelpunkte des Krystalls die Zersetzung begonnen hat und von hier gleichmäfsig nach aufsen fortgeschritten ist. Kann zwar gedacht werden, dafs sich capillare Spalten oder Spaltungsflächen in das Innere des Krystalls ziehen: so ist doch nicht wohl die Ursache einzusehen, warum sie gerade im Mittelpunkte auslaufen, oder sich hier vielleicht mehrere derselben kreuzen sollten. Eben so schwierig ist zu begreifen, warum in keinem dieser Krystalle die Zersetzung bis zu den Oberflächen, sondern nur bis zu jenem Rahmen fortgeschritten ist. In der That, je mehr man das Einzelne dieser Erscheinung verfolgt, desto mehr stöfst man auf Schwierigkeiten zu ihrer richtigen Erklärung.

Die mikroskopisch kleinen Perlenschnüre, in welchen

die Kohlensäurebläschen erscheinen, wenn Säuren auf Gesteine gegossen werden, in denen sich durch Verwitterung kohlensaurer Kalk im Innern gebildet hat, zeigen, wie eng die capillaren Zwischenräume in denselben sind. So wie die Säure in solche Zwischenräume eindringt und das Gas daraus entweicht: so können auch die Gewässer durch sie in das Innere gelangen. Es ist daher wohl zu begreifen, wie vermittelst solcher in das Innere eines Krystalls dringender Gewässer, hier die Zersetzung beginnen und sich nach aufsen fortsetzen kann. Damit ist aber noch immer nicht das Regelmäfsige jener Erscheinung erklärt, welche Blum, wie er mir versicherte, wenigstens an sechzig Handstücken wahrgenommen hat.

A. Knop[1]) weist auf gewisse Erscheinungen bei der Krystallisation des salpetersauren Bleioxyd, des Eisenvitriol etc. hin, wobei im Anfange ihrer Bildung begriffene Krystallindividuen bei raschem Wachsen oft einen sehr porösen Krystallkern bilden, welcher durch zahlreiche Flächen das Licht aus dem Innern reflectirt und dadurch undurchsichtig erscheint, während der Krystall bei späterem langsamerem Wachsen eine dichtere Umkleidung erzeugt, welche durchsichtig ist.

Blum's Beschreibungen der einzelnen Pseudomorphosen bieten nicht selten ähnliche Erscheinungen dar, welche, wie die eben angeführte, auf nassem Wege schwierig, aber durch plutonische Wirkungen gar nicht zu erklären sind. Von solcher Art ist unter andern die Verdrängungs-Pseudomorphose des Quarzes in Formen von Barytspath[2]), wo durch dünne Lagen von Eisenglanz der Barytspath sich entfernen und durch dieselben der Quarz eindringen mufste, um die Stelle des letzteren einzunehmen.

Wenn es immer schwierig zu begreifen ist, wie aus einem völlig dichten Mineral aus dem Innern heraus Bestandtheile oder seine ganze Masse, bei Verdrängungs-Pseudomorphosen entweichen können: so kann dies in Fällen, wo die Pseudomorphosen in einem porösen Zustande erscheinen, weniger befremden. So wie nur der Procefs an

---

[1]) Der Chloritschiefer von *Hartau* S. 7.

[2]) A. a. O. S. 224.

den äufsern Theilen des Minerals beginnt, so müssen schon Poren entstehen, und gerade diese Poren begünstigen das Eindringen des Wassers und das weitere Ausfressen bis in die innersten Theile. Nimmt das specif. Gewicht des Minerals bei seiner Umwandlung zu, wie z. B. bei der Umwandlung des Eisenoxydhydrat in Eisenoxyd: so führt auch dies eine poröse Beschaffenheit herbei. Erwägt man, dafs bei weitem in den meisten Fällen die Pseudomorphosen porös werden: so ist das allmälige Eindringen der Gewässer bis ins Innere wohl zu begreifen. Die Verminderung der Masse eines Minerals, oder die Zunahme seines specifischen Gewichts veranlassen also das Eindringen des Wassers ins Innere, und dieses Eindringen wiederum begünstigt das Fortschreiten jener Veränderung bis ins Innere.

Die 32 Mineralien, welche den kohlensauren Kalk verdrängen, sind alle schwerer löslich als dieser; das schwerer lösliche Mineral verdrängt also das leichter lösliche. Stets scheint, so weit es überhaupt möglich ist, bei sehr schwerlöslichen Substanzen die gröfsere oder geringere Schwerlöslichkeit zu ermitteln, das verdrängende Mineral schwerer löslich als das verdrängte zu sein.

Die zerfliefslichen Salze (kohlensaures Kali, Chlorcalcium, Chlormagnesium u. s. w.) sind die leichtlöslichsten, und sie haben unter allen Salzen die gröfste Affinität zum Wasser; denn sie condensiren das atmosphärische Wassergas, und lösen sich darin auf. Man kann daher wohl auch von den Mineralien annehmen, dafs je löslicher sie sind, desto gröfser ist ihre Affinität zum Wasser. Ein Mineral, welches nie in der Form eines andern erscheint, wird daher eine gröfsere Affinität zum Wasser haben, als diejenigen Mineralien, welche in seiner Form vorkommen.

Die leichtere Löslichkeit des Minerals, welches verdrängt wird, im Verhältnisse zu dem verdrängenden, wird bewirken, dafs die Porosität des ersteren während der Pseudomorphose zunimmt. Kommt z. B. Wasser, welches kohlensaures Eisenoxydul aufgelöst enthält, mit Kalkspath in Berührung: so wird, unter der Voraussetzung, dafs sowohl die zugeführte Auflösung des kohlensauren Eisenoxydul, als die abgeführte des kohlensauren Kalk eine gesättigte sei, mehr Kalkspath fortgeführt, als Eisenspath an die Stelle

tritt, und es müssen sich daher hohle oder poröse Krystalle bilden; abgesehen davon, daſs sich diese schon deſshalb bilden müssen, weil der Eisenspath ein gröſseres specifisches Gewicht, als der Kalkspath hat. Ist jedoch entweder die zugeführte, oder die fortgeführte Auflösung nicht gesättigt, oder stehen beide nach verschiedenen Verhältnissen von den Sättigungspunkten ab: so können die mannichfaltigsten Modificationen eintreten, welche man natürlich nur im Allgemeinen bezeichnen, aber nicht im Besonderen nachweisen kann.

Nach Blum[1]) werden folgende Stoffe als Versteinerungs- und Vererzungsmittel organischer Ueberreste im Mineralreiche gefunden: schwefelsaurer Kalk, schwefelsaurer Baryt, schwefelsaurer Strontian, Fluſsspath, Gyps, Quarz, Opal, Talk, Eisenkies, Eisenoxyd, dichter Brauneisenstein, Eisenspath, Blende, Bleiglanz, kohlensaures Bleioxyd, gediegen Kupfer, Kupferkies, Bunt-Kupfererz, Kupferglanz, Zinnober, Chlorit, Eisenblau, Schwarz-Manganerz.

Fast alle diese Stoffe treffen wir unter den Pseudomorphosen und zwar gröſstentheils unter denen an, welche andere Stoffe verdrängt haben; zum Theil auch unter denen, welche verdrängt worden sind. Das Vorkommen der Versteinerungen in sedimentären Formationen schlieſst jede Mitwirkung plutonischer Kräfte bei den Versteinerungs-Processen aus. Es ist kein anderer, als der nasse Weg denkbar.

So werden wir denn auch von dieser Seite dahin geführt, daſs eben so gut, wie die Versteinerungs-Processe auf nassem Wege von Statten gegangen sind, auch die pseudomorphischen Processe, bei welchen jene Stoffe eine Rolle spielen, auf nassem Wege vor sich gegangen sein werden. Konnten jene Stoffe auf diesem Wege die organischen Ueberreste verdrängen: so konnten sie auf demselben Wege auch die Bestandtheile der Mineralien, in deren Formen sie gefunden werden, verdrängen oder umwandeln.

Ist es denjenigen, welche bei pseudomorphischen Processen an plutonische Kräfte denken, wohl möglich, eine Analogie anzuführen, welche so schlagend für den pluto-

[1]) Nachtrag zu den Pseudomorphosen. S. 152 ff.

nischen Weg spräche, als der Versteinerungs-Procefs für den nassen spricht? —

Selbst die Unlöslichkeit der meisten unter den Stoffen, welche bei pseudomorphischen Processen eine Rolle spielen, wie z. B. des Barytspath und ganz besonders die der Schwefelmetalle, kann nicht mehr als ein Hindernifs gelten, wenn wir sehen, wie jener in manchen Belemniten nicht nur die ganze Scheide, sondern auch die Alveole erfüllt, wie er Holz durch und durch petrificirt, wie der Bleiglanz im Innern von Bivalven vorkommt u. s. w. Bei solchen schlagenden Beweisen von der Auflöslichkeit dieser Stoffe brauchte man nicht mehr den Chemiker hierüber zu befragen; jedoch mufs man dessen Bemerkungen entgegen nehmen, dafs Schwefelmetalle, vielleicht auch schwefelsaurer Baryt, nicht als solche, sondern in anderen Verbindungen in die petrificirten Organismen eingeführt und darin in das Versteinerungsmittel umgewandelt worden sind.

Gehen wir nur etwas ins Einzelne ein, so kommen wir vielfach auf Analogien zwischen den pseudomorphischen und den Versteinerungs-Processen. Der Quarz tritt in seinen verschiedenen Zuständen, theils als krystallinischer oder gemeiner, theils als Chalcedon, Feuerstein, Hornstein, seltener als Jaspis und Achat, als Versteinerungsmittel auf. Die amorphen Quarze sind indefs häufigere Versteinerungsmittel, als die krystallinischen. Wir begegnen hier denselben Modificationen der Kieselsäure, wie bei den Pseudomorphosen. Wir finden auch Aehnlichkeiten mit den quarzigen Bildungen in den Blasenräumen der Mandelsteine. In den Versteinerungen, wie in den Amethystdrusen, zeigen sich krystallinischer und amorpher Quarz in Gesellschaft; denn man trifft jenen im Innern, diesen im Aeufsern der Schalen der Mollusken an.

Bei manchen Belemniten finden sich Quarz und Barytspath gemeinschaftlich als Versteinerungsmittel, so dafs der obere Theil der Scheide aus Quarz, der untere aus Barytspath besteht. An manchen Stellen hat es selbst das Ansehen, als wenn dieser von jenem wieder verdrängt worden wäre, wie bei den Verdrängungs-Pseudomorphosen von Quarz in Formen von Barytspath.

Die Verkieselung von Hölzern zeigt recht deutlich, dafs

es gewifs keine anderen Flüssigkeiten, als unsere gewöhnlichen Gewässer waren, welche sie veranlafst haben. Wie hätte sich die Structur des Holzes, seine Zusammensetzung aus Jahresringen, Zellen, Gefäfsen erhalten können, wenn die Kieselsäure auf eine gewaltsame Weise eingedrungen wäre? Wie hätte diese Substanz die freien Zwischenräume der Holzfasern erfüllen können, wenn ihre Auflösung weniger dünnflüssig gewesen wäre, als alle Gewässer, welche mehr oder weniger, aber immer Minima von Kieselsäure enthalten?

Interessant ist es, den Talk im feinblättrigen, auch schuppigen, weifsen, seidenartig glänzenden Zustande als Versteinerungs-Mittel von Pflanzenresten in den Schiefern von *Petitcoeur* bei *Moutiers* in *Piemont* zu finden; denn diese Erscheinung zeigt die Gegenwart eines Magnesiasilicat in Gewässern und gibt Winke in Beziehung auf die so häufige Umwandlung so verschiedenartiger Mineralien in Speckstein u. s. w.

Von den Beziehungen des Eisenkies, der unter allen Vererzungs-Mitteln organischer Ueberreste am häufigsten im Mineralreiche vorkommt, zu organischen Körpern war schon im Kap. I die Rede.

Ein sehr merkwürdiges Vererzungs-Mittel ist der Eisenglanz. Blum beschreibt eine Bivalve aus einem eisenschüssigen oolithartigen Gesteine, bei *Thoste* unfern *Semur* im Département *Côte d'or*, deren Schalen, ihrer ganzen Dicke nach, aus einem Aggregat von krystallinisch-blättrigem Eisenglanz bestehen. Eine von Beyrich mir mitgetheilte Cardinia aus dem untern Lias (Dép. *Yonne*) besteht gleichfalls aus Eisenglanz.

Rotheisenstein fand G. Sandberger in der Gegend von *Oberscheld* in *Nassau* als Vererzungsmittel verschiedener organischer Reste, in letzter Zeit auf einer neuen Grube [1]).

Diese Versteinerungen sind von nicht geringer geologischer Bedeutung; denn sie liefern einen ganz entschiedenen Beweis von der Bildung des Eisenglanz und Rotheisenstein auf nassem Wege; möge das Eisenoxyd als Gangmasse oder als Pseudomorphose auftreten.

[1]) Jahrb. f. Mineral. 1845. S. 176.

Der dichte Brauneisenstein scheint als ursprüngliches Vererzungsmittel von thierischen Ueberresten nicht vorzukommen, sehr oft aber als Umwandlungs-Product von Eisenkies. Als ursprüngliches Vererzungs-Mittel von Holz, Blättern und Früchten trifft man dagegen den dichten Brauneisenstein häufiger an. Im eisenschüssigen Sande der Kreide-Formation zu *Woodstown* in *New-Jersey* kommt indefs die Gryphaea convexa Say nicht selten durch Brauneisenocher vererzt vor.

Da der Brauneisenstein so häufig in Verdrängungs-Pseudomorphosen vorkommt, und nur allein das im Wasser lösliche Eisenoxydul-Bicarbonat das Material dazu liefern kann: so ist es auffallend, dafs solche Gewässer, da sie so sehr verbreitet sind, nicht häufiger als Versteinerungsmittel auf thierische Ueberreste gewirkt haben. Der Eisenspath kommt indefs nach Zippe[1]) am *Postelberge* in *Böhmen* in in der Braunkohlen-Formation als Vererzungsmittel von Hölzern vor.

Wiser fand kürzlich Schwarz-Manganerz als Versteinerungsmittel eines Ammoniten aus den Gruben am *Gonzen* bei *Sargans* in der *Schweiz*[2]). Häufig findet sich braune Zinkblende in den Kammern verschiedener Ammoniten im Liaskalke. Wie sich Blende auf nassem Wege bilden kann, davon wird später die Rede sein.

Der Bleiglanz kommt gleichfalls, wiewohl sehr selten, als Vererzungs-Mittel von thierischen und vegetabilischen Ueberresten vor. Zuweilen findet man mitten in ihm Körnchen von Kupferkies. Blum beschreibt Holz von *Lemberg* durch Bleiglanz versteinert, der auf der äufsern Seite in kohlensaures Bleioxyd umgewandelt ist. Offenbar fand hier derselbe Procefs, wie in den Erzgängen statt, wo wir gleichfalls den Kupferkies als häufigen Begleiter des Bleiglanz antreffen.

Der Kupferkies erscheint übrigens sehr häufig als Anflug auf den Fischresten des Kupferschiefers von *Mansfeld* und *Eisleben* und von *Riechelsdorf* in *Hessen*. Er überzieht die Abdrücke der Knochen, Flossen und Schuppen, ersetzt sie jedoch nur selten, in welchem Falle er dann die ganze

[1]) Jahrb. f. Mineralog. 1843. S. 616.

[2]) Ebend. 1851. S. 572.

Dicke von jenen zeigt und ein Aggregat von feinen Körnchen bildet. Auch Pflanzen-Ueberreste im Kupferschiefer jener Gegenden werden durch Kupferkies vererzt oder überzogen gefunden.

Buntkupfererz kommt auf ganz ähnliche Weise auf den Fischresten des Kupferschiefers von *Eisleben*, aber seltener, wie der Kupferkies, vor. Der Kupferglanz findet sich gleichfalls als Vererzungs-Mittel von Pflanzenresten in der Zechstein-Formation der Gegend von *Frankenberg* in *Hessen*. Die gröfseren Holzreste stellen sich meist in wechselnden Lagen von Kupferglanz und kohliger Substanz dar. Stellenweise sind ihm kleine und höchst dünne Blättchen von gediegenem Silber beigemengt, und überziehen ihn selbst hier und da. An manchen Holzstücken ist auch das Vererzungs-Mittel in sehr schönen, faserigen Malachit umgewandelt.

So finden wir denn gerade diejenigen Schwefelmetalle, welche zu den frequentesten in den Erzlagerstätten gehören, als Vererzungs-Mittel organischer Ueberreste. Wenn wir den Begriff der Löslichkeit der in der Chemie als unlöslich bezeichneten Substanzen noch so weit extendiren: so müssen wir uns doch hinsichtlich der electropositiven Schwefelmetalle, Grenzen setzen. Um so leichter wird dies, da, wie wir sehen werden, das Beispiel des Eisenkies und der Zinkblende zeigt, dafs aus löslichen Eisenoxydul- und Zinkoxydsalzen unlösliche Schwefelmetalle entstehen können. Es ist ein Schlufs nach der Analogie, dafs auch Schwefelblei und Schwefelkupfer auf solche Weise aus löslichen Blei- und Kupfersalzen entstanden sein mögen. Was eine solche Bildung des Bleiglanz betrifft, so ist zu bemerken, dafs nach Freyer [1]) in einem alten Stollen einer Bleigrube Holzkohlen gefunden wurden, an welche sich Bleiglanz-Krystalle rindenförmig angesetzt hatten.

Blöde [2]) beschreibt ein frequentes Vorkommen von Enkriniten in Weifsbleierz verwandelt, auf Bleierzgängen im Uebergangskalkstein zu *Javorzno* bei *Kielce*. Das koh-

[1]) Jahrb. f. Mineral. 1834. S. 638.

[2]) Berichte über die Mittheil. von Freunden der Naturwiss. von Haidinger Bd. V. S. 84.

lensaure Bleioxyd ist, wie alle kohlensauren Erd- und Metallsalze, im kohlensauren Wasser etwas auflöslich. Es ist also zu begreifen, wie sich kohlensaures Bleioxyd in Schwefelblei ebenso umwandeln kann, wie kohlensaures Eisenoxydul in Schwefeleisen. Kohlensaures Kupferoxyd hat man in Gruben-Wassern aufgelöst gefunden. Eine ähnliche Bildung von Schwefelkupfer ist auch hier zu begreifen.

Aufser dem Zinnober, den man als Ueberzug, sehr selten als wirkliches Vererzungs-Mittel von Fischresten in einem bituminösen Mergelschiefer der Steinkohlen-Formation, bei *Münsterappel* in der *Rheinpfalz*, findet, hat man bis jetzt andere Schwefelmetalle, als die angeführten, nicht als Vererzungs-Mittel angetroffen.

Schliefslich berühren wir nur noch das vorhin bemerkte Vorkommen gediegenen Silbers im Gemenge mit Kupferglanz und organischen Ueberresten. Dafs dieses Metall an Ort und Stelle reducirt worden sein müsse, ist nicht im mindesten zu bezweifeln. Auch dieses deutet darauf hin, dafs die Vererzungs-Mittel, wie wir sie in organischen Ueberresten finden, nicht immer als solche aus Gewässern abgesetzt, sondern nicht selten erst durch mancherlei Processe an Ort und Stelle aus verschiedenem Materiale gebildet worden sein mögen. Schwefelsilber gehört zu den leicht reducirbaren Schwefelmetallen: es wird durch blose Wasserdämpfe reducirt. Wenn auch dieses Reductionsmittel in jenem Falle nicht wohl angenommen werden kann, so läfst es doch auf ähnliche schliefsen.

Auch gediegenes Kupfer kommt als dünner Ueberzug auf Fischresten in der Kupferschiefer-Formation von *Riechelsdorf* vor. Dieses Vorkommen ist noch merkwürdiger, als das des gediegenen Silbers. Kupferoxyd ist zwar leicht reducirbar; fordert aber doch stets erhöhte Temperatur, die man unter diesen Umständen nur gezwungen annehmen kann. Wie und auf welche Weise aber auch jenes Kupfer metallisch geworden sein mag, sein Ueberzug auf organischen Ueberresten zeigt die Möglichkeit, wie dieses in Gängen so sehr verbreitete und selbst manchmal in Drusenräumen vorkommende Metall durch ähnliche Processe, ohne alle Mitwirkung plutonischer Kräfte, reducirt worden sein könne.

Haidinger ist der Ansicht, dafs die Verdrängungs-Pseudomorphosen schwieriger erklärbar seien, als die Umwandlungs-Pseudomorphosen. Ich kann diese Ansicht nicht theilen: denn sie lassen sich auf die Wirkungen der einfachen Wahlverwandtschaft zurückführen.

Gewässer, welche irgend eine Substanz aufgelöst haben, setzen dieselbe ab und nehmen dagegen eine andere auf, in deren Form jene sich absetzt. In der That sind auch die Verdrängungs-Pseudomorphosen, mit sehr wenigen Ausnahmen, Mineralien, die aus sehr wenigen Bestandtheilen bestehen, und gröfstentheils in gewöhnlichen Quellwassern gefunden werden. Sie sind entweder blos Oxyde, wie Quarz, Chalcedon, Hornstein, Karneol, Halbopal, Prasem, Eisenkiesel, Eisenoxyd, Manganoxyd, Zinnoxyd, oder Hydrate, wie Brauneisenstein, Stilpnosiderit oder Schwefelmetalle, wie Eisenkies, Strahlkies, oder einfache Salze, wie Steinsalz, Anhydrit, Gyps, kohlensaures Bleioxyd, Eisenspath, Malachit, Kieselzink, Kieselkupfer, Steinmark, Zinkspath, Meerschaum. Der Eisenkies kann freilich nicht zu den Bestandtheilen der Quellen gezählt werden; er kann sich aber leicht aus anderen darin enthaltenen Stoffen bilden. Der Feldstein ist das einzige zusammengesetzte Silicat, welches sich als Verdrängungs-Pseudomorphose nach Kalkspath findet, und der Polyhalit das einzige zusammengesetzte Salz, das als Verdrängungs-Pseudomorphose vorkommt. Die Bestandtheile des letzteren gehören indefs zu den gewöhnlichen der Quellwasser.

Die mehrfach zusammengesetzten Silicate finden sich ausschliefslich unter den Umwandlungs-Pseudomorphosen. Defshalb könnte man diese mit mehr Recht zu den schwieriger erklärbaren zählen, als die Verdrängungs-Pseudomorphosen. Jeden Falls sind die Processe, wodurch Umwandlungs-Pseudomorphosen entstehen, zusammengesetzter, als die, welche Verdrängungs-Pseudomorphosen hervorrufen. Jene Processe sind schwieriger zu verfolgen: denn können wir auch die Mischung des ursprünglichen Minerals mit der des umgewandelten vergleichen: so kennen wir doch die Mischung der Gewässer nicht, welche die Umwandlung bewirkt haben. Daher können in manchen Fällen von dem ursprünglichen Mineral mehr Bestandtheile verloren gegan-

gen und mehr hinzugetreten sein, als es uns erscheint. Es ist wenigstens nicht wahrscheinlich, dafs da, wo aus zusammengesetzten Silicaten Basen verschwunden und andere an die Stelle getreten sind, blos ein Austausch zwischen den Basen stattgefunden habe, sondern zu vermuthen, dafs in diesen Fällen Silicate gegen Silicate ausgewechselt worden sind.

Der Umstand, dafs wir die zusammengesetzten Mineralien unter den Umwandlungs-Pseudomorphosen finden, scheint ein wichtiges Verhältnifs anzudeuten, wie schon oben Seite 148 dargethan worden ist.

Wie schon bemerkt, mufs ein Mineral, welches nie in der Form eines andern erscheint, eine gröfsere Verwandtschaft zum Wasser haben, als alle Mineralien, welche in seiner Form erscheinen.

Wo die meisten Gewässer circuliren, mithin in den grobkörnigen Gebirgsgesteinen, da müssen die meisten pseudomorphischen Processe von Statten gehen. Das Vorkommen der Pseudomorphosen bestätigt dies. So finden sich die *Heidelberger* Pinite im grobkörnigen Ganggranit, die ausgezeichnetesten mit Quarz in der Nähe des Granit-Nebengesteins.

Da die Gänge die Vorrathskammern der Erze sind: so kommen in ihnen die meisten Pseudomorphosen der metallischen Verbindungen vor. Ueberdies sind die Gänge gewöhnlich nicht von einer compacten Masse erfüllt, sondern haben häufig Drusenräume oder Höhlungen, die manchmal auf langen Strecken communiciren und defshalb leicht vom Wasser durchdrungen werden. Die freistehenden Krystalle unterliegen am meisten diesen Vorgängen.

In den Fällen, wo Sauerstoff, Wasser, Kohlensäure Umwandlungen in den Gängen bewirken, finden wir die Umwandlungs-Producte vorzugsweise in obern Teufen und sie verschwinden oft in einer gewissen Tiefe. Manchmal ist diese Tiefe sehr bedeutend, wie in den Gruben zu *Holzappel* in *Nassau*, wo man 210 Fufs unter Tage Weifsbleierz getroffen hat. Diese Umwandlungs-Producte bezeichnen die Tiefe, bis zu welcher die Gewässer dringen. Bei Gängen, deren Ausgehendes von mächtigen Thonlagen bedeckt ist, zeigt sich keine Umwandlung des Eisenspath zu Braun-

eisenstein [1]), weil in diesem Falle die Gewässer nicht zutreten konnten.

Von besonderer geologischer Bedeutung sind die Verdrängungen, welche mitten im Gesteine vor sich gehen und wovon Blum sechs Fälle anführt. Können nicht ebenso, wie in diesen Fällen die verdrängenden Substanzen die Form der verdrängten angenommen haben, sie auch in ihrer eigenen Krystallgestalt auftreten? — Ist daran nicht zu zweifeln, so begreifen wir, wie mitten im Gesteine neue Mineralien aus vorhandenen amorphen Massen entstehen können.

Streng genommen, wissen wir von keinem einzigen Mineral, ob es sich noch in seinem ursprünglichen, oder nicht schon in einem mehr oder weniger umgewandelten Zustande befindet: denn nur dann könnten Mineralien ihren ursprünglichen Zustand bewahren, wenn sie vom Wasser und von den Atmosphärilien gänzlich abgeschlossen wären. Wo ist aber ein Gebirgsgestein, in welchem Mineralien so vergraben wären, dafs nicht Wasser und mit demselben Sauerstoff und Kohlensäure, wenn auch in noch so spärlicher Menge, Zutritt hätten?

Die Metamorphose eines Minerals ist ein äufserst langsam von Statten gehender Procefs. Die materiellen Veränderungen erfolgen ohne Zweifel so allmälig, dafs sie erst in grofsen Zeiträumen für den Chemiker wahrnehmbar werden. Analysirt er ein Mineral, in welchem solche materielle Veränderungen, namentlich durch Aufnahme von neuen Stoffen, wenn auch in sehr geringer Menge, bereits eingetreten sind: so kann er leicht verleitet werden, diese aufgenommenen Stoffe nur für zufällige Bestandtheile zu halten und sie in Abzug zu bringen. Er hat Recht oder Unrecht, wie man es nehmen will. Dem ursprünglichen Zustande sind diese Stoffe allerdings fremd, und defshalb sind sie abzuziehen. Da indefs Umwandlungen selten blos durch Aufnahme, sondern häufiger durch Verlust von Bestandtheilen von Statten gehen: so müfste man diese verlorenen Bestandtheile eben so gut addiren, wie man jene aufgenommenen subtra-

[1]) Schmidt Beiträge zu der Lehre von den Gängen. Siegen 1827. S. 58.

hirt. Dies ist jedoch gewifs nur sehr selten und nur dann möglich, wenn ein Mineral, in dem sich geringe Beimischungen fremder Stoffe finden, schon früher in seinem ursprünglichen Zustande analysirt worden ist.

Wir wollen einen einfachen Fall als Beispiel nehmen. Man hat genügende Gründe, den Andalusit für ein reines Thonerdesilicat zu nehmen, obgleich alle bisherigen Analysen, aufser diesen beiden Hauptbestandtheilen, noch Kali, Kalk, Magnesia, Eisen- und Manganoxyd und Wasser nachgewiesen haben. Unter der Voraussetzung, dafs diese Stoffe zufällige, im Laufe der Zeit hinzugekommene Bestandtheile sind, werden diejenigen Andalusite, welche die geringsten Mengen davon enthalten, ihrem ursprünglichen Zustande am nächsten stehen. Dies ist der Fall bei den Andalusiten von *Lisenz* in *Tyrol* und von *Lancaster*, nach den Analysen von Bunsen und A. Erdmann.

Der Andalusit wandelt sich in Glimmer um, hierbei verschwindet ein Theil der Thonerde, und Kali, Magnesia und Eisenoxyd werden aufgenommen. Da man nun in den Andalusiten die eine oder andere dieser Basen, oder auch mehrere zugleich findet: so ist zu schliefsen, dafs sie schon in beginnender Umwandlung begriffen sind. Der ursprüngliche, noch ganz unveränderte Andalusit ist also noch aufzufinden. So wie man diese fremden Basen als zufällige, nicht zur Mischung gehörige, in Abzug bringt: so müfste man eben so die bereits verschwundene Thonerde addiren, um die Analyse zu ergänzen. Die ursprüngliche Menge derselben kann man aber, streng genommen, nicht kennen; die additive Gröfse ist also unbestimmt. Letztere kann indefs, nach der Menge der hinzugekommenen Basen zu schliefsen, nicht viel, wahrscheinlich nicht viel über 1 p. C. des ganzen Minerals betragen. Hier kann nun die Lehre von den bestimmten Mischungsverhältnissen helfend einwirken. Die Formel nämlich, welche eine nicht geringere Menge Thonerde angibt, als bisher durch die Analyse nachgewiesen wurde, wird die wahrscheinlichste sein. Dies ist der Fall bei der Formel, wonach der Andalusit eine Verbindung aus 3 At. Kieselsäure und 4 At. Thonerde ist.

Fände man ein Mineral in den Krystallformen des Andalusit, welches gröfsere Mengen Thonerde enthielte, wie

dieser, fände also auch ein umgekehrter Umwandlungsprocefs, eine Aufnahme von Thonerde, statt: so würde jener Schlufs, dafs diejenige Formel die wahrscheinlichste sei, welche nicht geringere Mengen Thonerde, als die Analyse angibt, keine Gültigkeit haben. Aufser der Umwandlung des Andalusit in Glimmer kennen wir aber bis jetzt keine andere, als die in Speckstein. Diese letztere Umwandlung setzt indefs nicht blos ein theilweises, sondern ein gänzliches Verschwinden der Thonerde und dagegen eine Aufnahme von Magnesia voraus.

Aus diesen Beispielen ersieht man, welche Bedeutung die in geringen Mengen vorkommenden, gewöhnlich für zufällig gehaltenen Bestandtheile der Mineralien haben. Sie, die dem Chemiker lästig fallen, weil er sie nicht in die chemische Formel bringen kann, werden bedeutungsvoll, wenn er sie mit den Bestandtheilen der Pseudomorphosen der analysirten Mineralien vergleicht. Sie erscheinen dann nicht mehr als etwas Zufälliges; sondern deuten den Uebergang in andere Mineralien an, und legen uns so das Genetische des Verwandlungsprocesses klar vor Augen. Defshalb ist zu wünschen, dafs die Chemiker bei der Analyse von Mineralien solchen scheinbar unwesentlichen Bestandtheilen dieselbe Aufmerksamkeit, wie den wesentlichen widmen. Jene werden bei fortschreitendem Umwandlungsprocesse endlich zu wesentlichen. Die geringe Menge Eisen- und Manganoxyd in dem Andalusit von *Lisenz* wird aufhören ein unwesentlicher Bestandtheil zu sein, wenn die völlige Umwandlung in Glimmer stattgefunden hat, und umgekehrt wird der letzte Rest von Thonerde, den man etwa in einem, in Speckstein umgewandelten Andalusit findet, unbedenklich zu den unwesentlichen Bestandtheilen zu zählen sein, obgleich diese Erde ursprünglich ein wesentlicher Bestandtheil war.

Es ist nicht zu läugnen, die chemische Analyse der Mineralien gewinnt eine viel höhere Bedeutung, wenn sie nicht blos auf die Aufstellung einer chemischen Formel, sondern auch auf das Genetische gerichtet ist. Die Mineralogen haben den Chemikern die so wichtige Thatsache kennen gelehrt, dafs ein Mineral in der Krystallform eines anderen erscheinen kann. Es ist die Sache der Letzteren

nachzuweisen, durch welche Processe Umwandlungen oder Verdrängungen erfolgen. Da es den Chemikern nur in den seltensten Fällen möglich ist. Umwandlungen eigentlicher Mineralien in den Laboratorien zu bewirken: so bleibt ihnen, um die verschiedenen Stadien dieses Processes in der Natur zu verfolgen. nichts anderes übrig, als durch die chemische Analyse die Zunahme der unwesentlichen Bestandtheile und die Abnahme der wesentlichen zu ermitteln, und aus der Gegenwart jener auf die Processe zu schliefsen, welche im Gange waren, als das Mineral seinem Fundorte entnommen wurde.

Der pseudomorphische Procefs kann entweder so gedacht werden, dafs jedes noch so kleine Theilchen des ursprünglichen Minerals, welches die Umwandlung erleidet, sogleich in das neue Mineral übergeht, oder die Umwandlung geht durch eine Reihe von Verbindungen hindurch, welche sich immer mehr von der Zusammensetzung des ursprünglichen Minerals entfernen und sich der des neuen Minerals nähern. In jenem Falle würde z. B. ein kleines Theilchen Andalusit sogleich in Glimmer übergehen.

Es liegt in der Natur der Sache, dafs bei den Verdrängungs-Pseudomorphosen nur der erste Fall stattfinden kann. Bei der Verdrängung des Barytspath durch Quarz tritt an die Stelle jedes verdrängten kleinen Theilchens des ersteren ein kleines Theilchen des letzteren; hier gibt es keine Zwischenstufen. Ebenso wenig sind bei der Umwandlung einer, auch künstlich darstellbaren Verbindung in eine andere, zwischen welchen beiden die Chemie keine mittleren Verbindungen kennt, allmälige Uebergänge zu vermuthen. Das Magneteisen, welches sich in Eisenoxyd umwandelt, durchläuft gewifs nicht mittlere Oxydationsstufen des Eisens; sondern jedes Theilchen Magneteisen wird sogleich zu Eisenoxyd.

Die Fälle solcher plötzlichen Umwandlungen finden indefs nicht immer statt. So ist es sehr wahrscheinlich, dafs bei der Umwandlung des Eisenkies in Eisenvitriol nicht sogleich Schwefelsäure entsteht, sondern dafs der Schwefel seine verschiedenen Oxydationsstufen durchläuft, ehe er in die höchste übergeht.

Nicht selten mögen zwei oder mehrere Umwandlungs-

processe stattgefunden haben, ehe das letzte Product, welches wir finden, entstanden ist. So ist wahrscheinlich der in kohlensaures Bleioxyd umgewandelte Bleiglanz erst zu Bleivitriol und dann durch weitere Zersetzung zu Bleioxydcarbonat geworden.

Bei den Umwandlungen der mehrfach zusammengesetzten Mineralien, namentlich der Silicate mit mehreren Basen, finden gewifs in den meisten Fällen Uebergänge, manchmal eine ganze Reihe solcher Uebergänge statt. So ist der Cordierit der Anfangspunkt einer ganzen Reihe von Uebergängen, welche mit dem Glimmer, als Endpunkt schliefst. Fahlunit, Chlorophyllit, Bonsdorfit, Esmarkit (vielleicht auch Oosit), Weissit, Praseolith, Gigantolith, Pinit sind Reste von Cordierit im pseudomorphen Zustande.

Sofern alle zwischen dem Cordierit und dem Glimmer liegenden Mineralien nur Uebergänge bilden, kann man sie nicht als selbstständige betrachten. Dasselbe Mineral in einer solchen Umwandlungs-Reihe wird in seiner Mischung mehr oder weniger abweichen, je nachdem es in seiner Umwandlung mehr oder weniger fortgeschritten ist. So wie chemische Formeln solcher wandelbarer Körper schon an sich wenig Bedeutung haben: so ist dies noch mehr der Fall, wenn man sie zur Versinnlichung der Umwandlungs-Processe gebrauchen oder vielmehr mifsbrauchen will.

Bei solchen Umwandlungs-Processen gewährt die nach Procenten angegebene Analyse eines Minerals die beste Uebersicht, weil sie keinen Bestandtheil, er mag noch so wenig betragen, übergeht. Aber auch hieraus kann man nur selten die absolute Zunahme und Abnahme der Bestandtheile bei der Pseudomorphose ersehen.

Wo nachgewiesen werden kann, dafs sich bei einer Umwandlung irgend ein Bestandtheil weder vermindert, noch vermehrt, wird die Darstellung übersichtlich und vollständig, wenn dieser Bestandtheil in der Zusammensetzung des ursprünglichen und des veränderten Minerals als eine constante Gröfse genommen wird. Mit Bestimmtheit kann dies indefs selten nachgewiesen werden; meist mufs man sich blos mit Wahrscheinlichkeits-Gründen begnügen.

Nachstehende Betrachtungen zeigen, wie man in manchen Fällen, wenn mit der chemischen Analyse andere nu-

merische Elemente verknüpft werden, ermitteln kann, ob mit der Pseudomorphose ein Verlust oder eine Aufnahme, oder beides zugleich stattgefunden habe.

I. Ein Mineral, dessen specifisches Gewicht durch eine Umwandlung sich vermindert, mufs, wenn sich hierbei sein Volumen nicht verändert, von seiner Masse verlieren. Daher wird es, wenn es eine Pseudomorphose erleidet, einen Theil seiner Bestandtheile einbüfsen.

Es sei 1 die Masse des ursprünglichen Minerals,
s dessen specifisches Gewicht,
v dessen Volumen,
s' das specifische Gewicht des umgewandelten Minerals,
x die Bestandtheile, welche das ursprüngliche Mineral verliert:

so ist $v = \frac{1}{s} = \frac{1-x}{s'}$

folglich $x = \frac{s-s'}{s}$

II. Nimmt aber das Mineral gleichzeitig einen oder mehrere neue Bestandtheile auf, und beträgt das Aufgenommene das $m$fache des umgewandelten Minerals, wo m einen ächten Bruch bezeichnet: so ist unter obigen Voraussetzungen

$$v = \frac{1}{s} = \frac{1-x+(1-x)m}{s'}$$

$$\text{folglich } x = \frac{(1+m)s-s'}{(1+m)s}$$

Z. B. es wandle sich ohne Veränderung des Volumens Olivin in Serpentin um, wobei letzterer 0,135 Wasser aufnimmt.

Ist 1 die Masse des Olivin,
3,37 dessen specifisches Gewicht,
2,55 das specifische Gewicht des Serpentin:

so ist $x = \frac{(1+0{,}135)\,3{,}37-2{,}55}{(1+0{,}135)\,3{,}37} = 0{,}333$

Die Masse des Serpentin ist demnach

$$= 1-0{,}333+(1-0{,}333)\,0{,}135 = 0{,}757$$

und es ist $v = \frac{1}{3{,}37} = \frac{0{,}757}{2{,}55}$, wie vorausgesetzt worden.

Reducirt man die in Procenten gegebenen Analysen des Serpentin auf die gefundene Zahl von 0,757, und sucht man eine Analyse des Olivin, von welcher die reducirten Werthe subtrahirt werden können: so ergibt sich die Möglichkeit einer Umwandlung des Olivin in Serpentin durch Abscheidung von Bestandtheilen und durch Aufnahme von Wasser.

Reducirt man z. B. die Bestandtheile des edlen Serpentin von *Fahlun*, der nach den ziemlich übereinstimmenden Analysen von Lychnell, M. Jordan und Marchand eine constante Zusammensetzung zu haben scheint: so findet sich, dafs sich die erhaltenen Werthe von den Bestandtheilen aller bis jetzt analysirten Olivine subtrahiren lassen. Wir wählen beispielsweise die Analyse des Olivin von der *Iserwiese* von *Walmstedt*.

	Olivin von der Iserwiese.		Edler Serpentin von Fahlun.		
Kieselsäure	41,54	—	31,76	=	9,78
Magnesia	50,04	—	30,76	=	19,28
Eisenoxydul	8,66	—	1,68	=	6,98
Manganoxydul	0,25	—	0,	=	0,25
Thonerde	0,06	—	0,28	= +	0,22
Bitumen und Kohlensäure	—	+	2,59	= +	2,59
Wasser	—	+	8,84	= +	8,84
	100,55	—	75,91	=	24,64

Die letzte Zahlenreihe zeigt, in welchen Verhältnissen Kieselsäure, Magnesia, Eisenoxydul und Manganoxydul verschwanden, und Thonerde, Bitumen, Kohlensäure und Wasser aufgenommen wurden. Von den geringen Unterschieden zwischen der Thonerde im ursprünglichen und im umgewandelten Mineral, und ebenso von den zufälligen, von den Gewässern zurückgelassenen Bestandtheilen (Bitumen und Kohlensäure) können wir abstrahiren; es bleibt also nur das Wasser als wesentlich aufgenommener Bestandtheil übrig.

Weiter unten werden wir sehen, dafs mit grofser Wahrscheinlichkeit eine wirkliche Umwandlung des Olivin in Serpentin anzunehmen ist. Theorie und Erfahrung stimmen also mit einander überein, und so verschieden auch die Olivine und die Serpentine zusammengesetzt sein mögen, stets erscheint es als möglich, dafs blos durch Ver-

lust von Bestandtheilen und durch Aufnahme von Wasser die Umwandlung erfolgen könne. Es versteht sich übrigens von selbst, dafs jene Zahlenverhältnisse nur eine approximative Darstellung gewähren können; denn findet die vorausgesetzte Bedingung, dafs bei der Umwandlung das Volumen unverändert bleibt, nicht statt: so ändern sich die Zahlenverhältnisse.

Lassen sich die reducirten Bestandtheile eines umgewandelten Minerals von den Bestandtheilen des ursprünglichen Minerals nicht abziehen: so ist es ein Beweis, dafs blos durch Verlust von Bestandtheilen die Metamorphose nicht von Statten gegangen sein könne.

Eine Umwandlung des Granat in Serpentin ist, wie wir später sehen werden, nicht zweifelhaft. Das mittlere specifische Gewicht des Granat stimmt sehr nahe mit dem des Olivin überein. Bei jener Umwandlung gingen also gleichfalls sehr nahe 0,333 von den Bestandtheilen des Granat verloren. Nun enthält aber der an Magnesia reichste Granat, der schwarze von *Arendal*, nach Trolle-Wachtmeister, nur 13,43 Procent Magnesia, mithin 17,33 Theile weniger, als der edle Serpentin von *Fahlun*, nach der obigen Reduction. Die übrigen Serpentine setzen gleichfalls eine gröfsere Menge Magnesia voraus, als der Granat liefern kann. Blos durch Verlust an Bestandtheilen konnte daher kein Granat in Serpentin umgewandelt, sondern in allen Fällen mufste Magnesia aufgenommen werden. Die Umwandlung konnte mithin nur durch Austausch von Bestandtheilen erfolgt sein.

III. Ein Mineral, dessen specifisches Gewicht durch eine Umwandlung sich vermehrt, mufs, wenn sich hierbei sein Volumen nicht verändert, in seiner Masse zunehmen. Daher wird es, wenn es eine Pseudomorphose erleidet, neue Bestandtheile aufnehmen.

Ist wiederum 1 die Masse des ursprünglichen Minerals,
s dessen specifisches Gewicht,
v dessen Volumen,
s' das specifische Gewicht des umgewandelten Minerals,
y die Bestandtheile, welche das ursprüngliche Mineral aufnimmt:

$$\text{so ist } v = \frac{1}{s} = \frac{1+y}{s'}$$

$$\text{folglich } y = \frac{s' - s}{s}$$

Z. B. es wandle sich Cordierit, ohne Veränderung des Volumens, in Fahlunit um.

Ist 1 die Masse des Cordierit,

2.59 dessen specifisches Gewicht,

2,79 das specifische Gewicht des Fahlunit (das Maximum):

$$\text{so ist } y = \frac{2{,}79 - 2{,}59}{2{,}59} = 0{,}0772$$

Die Masse des Fahlunit ist demnach

$= 1 + 0{,}0772, = 1{,}0772,$ und es ist

$v = \frac{1}{2{,}59} = \frac{1{,}0772}{2{,}79}$, wie vorausgesetzt worden.

Reducirt man die in Procenten gegebene Analyse des schwarzen Fahlunit auf die gefundene Zahl von 1,0772, und subtrahirt man diese reducirten Werthe von der Analyse des Cordierit: so ergibt sich folgendes.

	Cordierit nach Bonsdorff.		Fahlunit nach Trolle-Wachtmeister.		
Kieselsäure	49,95	—	48,15	=	1,80
Thonerde	32,88	—	32,49	=	0,39
Eisenoxydul	5,00	—	4,17	=	0,83
Magnesia	10,45	—	7,29	=	3,16
Manganoxydul. . . .	0,03	—	2,42	=	+ 2,39
Kali	—	—	2,14	=	+ 2,14
Kalk	—	—	1,46	=	+ 1,46
Wasser	1,75	—	10,09	=	+ 8,34
	100,06		108,21		

Die Umwandlung erfolgte daher durch Aufnahme allein nicht, sondern nur durch Austausch. Abstrahirt man von der Thonerde und vom Eisenoxydul, welche im ursprünglichen und im umgewandelten Mineral sehr nahe gleich sind: so sieht man, daſs ein Theil der Kieselsäure und der Magnesia verloren ging und dagegen Manganoxydul, Kali, Kalk und Wasser aufgenommen wurden.

Findet sich das umgewandelte Mineral fest im Gestein eingewachsen, und letzteres weder aus einander gedrückt, noch zwischen ihm und jenem ein Zwischenraum,

noch das umgebende Gestein verändert oder zerfressen: so ist mit vieler Wahrscheinlichkeit zu vermuthen, dafs sich das Volumen während der Umwandlung nicht verändert habe. Ist aber eine Veränderung des Volumens eingetreten, deren Werth jedoch nicht bestimmt werden kann: so läfst sich die Quantität der Aufnahme oder des Verlustes von Bestandtheilen nicht berechnen; höchstens kann man finden, ob Aufnahme oder Verlust, oder beides zugleich stattgefunden habe. Die Aufgabe gehört dann zu den unbestimmten, welche verschiedene Auflösungen zulassen. In solchen Fällen bleibt nichts anderes übrig, als sich auf das Factum der Umwandlung zu beschränken, ohne die quantitativen Verhältnisse berechnen zu wollen.

Kann man vermuthen, dafs das umgewandelte Mineral noch die äufseren Begrenzungen habe, ist es aber hohl oder porös: so bietet die Vergleichung des scheinbaren und des wahren Volumens des umgewandelten Minerals sichere Data zur Calculation dar. Die Aufgabe ist dann eine bestimmte.

Sollte auf das Vorstehende die Aufmerksamkeit der Mineralogen und Chemiker gelenkt werden: so könnte man hoffen, dafs solche Calculationen bald einen höheren Grad der Schärfe erreichen würden, als sie in diesem Augenblicke haben können. In obigen Beispielen wurde theils das mittlere theils das höchste specifische Gewicht der Mineralien angesetzt: das Resultat der Calculation konnte daher nur ein approximatives sein. Wird aber das specifische Gewicht eines pseudomorphosirten Minerals (das wahre, wie das scheinbare) und das des ursprünglichen Minerals, von dem man annehmen kann, dafs es das Material zur Umwandlung geliefert habe, bestimmt: so erlangt man schon einen höheren Grad von Schärfe. Wird damit die Analyse beider verknüpft, so werden wir im Stande sein, die quantitativen Verhältnisse der Pseudomorphosen eben so genau, wie die der im Laboratorium unter unsern Augen von Statten gehenden Umwandlungs-Processe, zu berechnen.

Selbst dann, wenn der Umwandlungs-Procefs im Mineralreiche noch nicht vollendet ist, mithin das theilweise umgewandelte Mineral entweder ein Gemeng oder eine mittlere Verbindung darstellt: so haben die specifischen

Gewichts-Bestimmungen und die Analysen doch ihren Werth; denn sie zeigen den Gang, welchen die Umwandlung bisher genommen hat, und den sie noch bis zur völligen Vollendung zu nehmen hat.

Durch den vereinten Fleifs der analytischen Chemiker ist aufserordentlich viel geschehen. Je mehr sich aber die Analysen der Mineralien vervielfältigen, desto schwieriger wird die Auswahl, wenn man das Genetische irgend einer Umwandlung zu ermitteln strebt. Welche Analysen des Turmalin soll man z. B. der Calculation zum Grunde legen, wenn man die quantitativen Verhältnisse bei seiner Umwandlung in Glimmer, in Chlorit oder in Speckstein ermitteln will? In der Zusammensetzung der verschiedenen Turmaline zeigt sich eine so grofse Abweichung, dafs es bis jetzt noch nicht einmal gelungen ist, eine chemische Formel für dieselben zu finden. Die Abweichung zwischen den einzelnen Varietäten ist zum Theil eben so grofs, als zwischen je einer Varietät und den Mineralien, in welche wir den Turmalin umgewandelt finden. Glimmer, Chlorit u. s. w. zeigen wiederum bedeutende Abweichungen in ihren verschiedenen Varietäten.

Auch nicht ein einziger Anhaltepunkt bietet sich dar, wenn man nicht die Varietät des ursprünglichen Minerals und des umgewandelten kennt. Die letztere kann unmitbar durch die Analyse ermittelt werden; jene aber nur mittelbar, wenn entweder in der Nähe des umgewandelten Minerals noch das ursprüngliche, oder wenigstens das im Umwandlungs-Processe begriffene Mineral sich findet, und der Analyse unterworfen wird. Wo, was nicht selten ist, das ursprüngliche Mineral sich noch im Kerne, oder an der Oberfläche, oder an einem Ende des in der Pseudomorphose begriffenen Minerals zeigt, bietet sich zwar eine günstigere Gelegenheit zur Entscheidung dar: allein man ist nicht sicher, ob dieser Kern noch in seiner ursprünglichen Beschaffenheit ist.

Wie wichtig die Ermittelung der quantitativen Verhältnisse bei den Umwandlungs-Processen für das Genetische der Mineralien und der Gebirgsgesteine überhaupt ist, leuchtet von selbst ein. Es ist von geringer Bedeutung, zu wissen, ob ein selten vorkommendes Mineral sich durch

Aufnahme oder durch Verlust von Bestandtheilen oder durch beides zugleich umgewandelt habe; aber wichtiger, ja sehr wichtig ist die Beantwortung dieser Fragen, wenn von der Umwandlung einer mächtigen Gebirgsmasse, etwa des Eklogit in Serpentin, die Rede ist. In solchen Fällen können andere geologische Erscheinungen, welche sich in der Nähe zeigen, die Beantwortung unterstützen. Findet sich z. B. neben dem Umwandlungs-Processe, wodurch diese oder jene Bestandtheile aufgenommen wurden, ein Verwitterungs-Procefs, der gerade diese Substanzen lieferte: so liegt die Vermuthung nahe, dafs letztere bei jenem Processe contribuirt haben. Und diese Vermuthung kann zur Gewifsheit führen, wenn nachzuweisen ist, dafs diese Substanzen durch Gewässer dem metamorphosirten Gesteine zugeführt worden sind.

Mineralien oder ganze Gebirgsmassen, welche blos den Meteorwassern zugänglich sind, können daraus möglicher Weise nur Wasser und Kohlensäure aufgenommen haben. Gesteine, wie z. B. ein über das Grundgebirge hervorragender Basaltkegel, welche die höchsten Punkte irgend einer Gegend einnehmen, befinden sich in diesem Falle. Allein da wir von keinem einzigen Berge wissen, ob sein dermaliger Gipfel noch der ursprüngliche sei: so bleibt es zweifelhaft, ob das Gestein desselben nicht in früheren Perioden Gewässer empfangen hat, die aus höheren aber jetzt zerstörten Stellen des Berges herabgekommen sind.

Es gibt daher wohl nur seltene Fälle, wo auf diese Weise etwas zu ermitteln sein möchte. Der Krystall von der Form der Hornblende, vom *Wolfsberge* bei *Cernosin* in *Böhmen,* welchen Maddrell[1]) analysirte und der, nach Vergleichung mit den Bestandtheilen einer ganz in der Nähe unter ähnlichen Verhältnissen vorkommenden Varietät einer frischen Hornblende, einen Verlust an Magnesia und Kalk zeigte, dagegen Wasser und das Eisen als Oxyd enthielt, möchte indefs durch Verlust jener Erden und durch Aufnahme von Wasser und Sauerstoff, nicht aber durch Vermehrung der andern Bestandtheile der Hornblende, wodurch eine relative Verminderung der Magnesia und des

[1]) Poggendorff's Ann. Bd. LXII. S. 142.

Kalk hätte herbeigeführt werden können, verändert worden sein.

Gesteine hingegen, welche die Unterlage anderer bilden, und daher, wenn diese wasserdurchlassend sind, Gewässer erhielten, die Bestandtheile daraus aufgenommen haben, können durch Aufnahme und durch Verlust oder durch beides zugleich verändert worden sein.

Vom Verwitterungs-Processe kann man im Allgemeinen sagen, dafs er nur durch Verlust erdiger Bestandtheile erfolgt; die Umwandlungs-Processe können aber durch Verlust oder durch Aufnahme, oder durch Austausch statt haben.

Wie die Versteinerungen bedeutende, ja in vielen Fällen unentbehrliche Hülfsmittel sind, die sedimentären Formationen zu erkennen: so sind auch die Pseudomorphosen wichtige und häufig die einzigen Mittel, die Umwandlungs- und Verdrängungs-Processe, welche im Mineralreiche in grofsem Maafsstabe von Statten gegangen sind und noch von Statten gehen, zu erforschen. Nimmt man die Pseudomorphosen blos als Mittel für diesen Zweck, so haben wir uns eben so wenig um die Bedingungen ihrer Bildung zu bekümmern, als es bei der Bestimmung der sedimentären Formationen, mittelst der darin vorkommenden Versteinerungen zu wissen nöthig ist, auf welche Weise organische Körper petrificirt werden. In einer chemischen Geologie können wir aber die Pseudomorphosen nicht blos als etwas Gegebenes betrachten; sondern wir haben den Processen selbst, wodurch sie erfolgen, nachzuforschen. Daher haben wir das Genetische im Vorhergehenden so weit verfolgt, als es der dermalige Stand der Wissenschaft erlaubte.

Die Pseudomorphosen geben uns Mittel an die Hand, Erfahrungen zu machen, die wir aufserdem zu machen keine Gelegenheit haben. Es wird z. B. schwerlich je gelingen, in unsern Laboratorien Augit, Olivin oder Hornblende u. s. w. in Serpentin umzuwandeln. Finden wir aber Serpentin in Formen dieser Mineralien, so ist damit der Beweis geliefert, dafs eine solche Umwandlung stattfinden könne. Sprechen in einem gegebenen Falle geognostische Gründe dafür, dafs das eine oder andere jener Mineralien,

oder auch mehrere im Gemenge mit einander das Material zur Bildung des Serpentin geliefert haben: so ist ein hoher Grad von Wahrscheinlichkeit vorhanden, dafs eine solche Umwandlung wirklich stattgefunden habe.

Die Bildung der Pseudomorphosen scheint von einer Umhüllung des ursprünglichen Krystalls oder von irgend einem zufälligen Umstande abzuhängen. Die Zahl der Fälle, wo die ursprüngliche Krystallgestalt verloren geht, und der umgewandelte Körper in seiner ihm eigenen Gestalt erscheint, ist gar nicht unbedeutend, und sie würde wohl noch bedeutender sein, wenn nicht nach vollendeter Umwandlung die Kennzeichen, dafs dieses oder jenes Mineral das Material geliefert habe, fehlten. Man kann daher nicht vermuthen, dafs die Fähigkeit eines Minerals, in ein anderes umgewandelt zu werden, in einer nothwendigen Beziehung zur Erhaltung der Krystallform steht. Finden wir z. B. Serpentin nicht in Formen von Augit oder Olivin, Hornblende, Glimmer u. s. w., sondern in formlosen Massen: so haben wir keinen Grund, defshalb zu schliefsen, dafs er kein Umwandlungsproduct aus diesen Mineralien sein könne; denn die Umwandlung kann unter Umständen erfolgt sein, wobei die ursprüngliche Krystallgestalt verloren gegangen ist.

Wenn ein krystallisirtes Mineral unter gewissen Umständen in ein anderes umgewandelt werden kann, sei es mit oder ohne Beibehaltung der Krystallform: so wird dasselbe Mineral im amorphen Zustande, unter den nämlichen Umständen, gewifs dieselbe Umwandlung erleiden. In der Chemie ist wenigstens kein Fall bekannt, dafs sich ein Körper im amorphen Zustande in irgend einem Zersetzungsprocesse anders verhält, als im krystallisirten. Ob wir chemisch präcipitirten kohlensauren Kalk oder Kalkspath durch Schwefelsäure zersetzen, ist einerlei: stets erhalten wir schwefelsauren Kalk im krystallisirten Zustande.

Wir schliefsen daher, dafs Augit oder Olivin u. s. w., seien sie krystallisirt oder amorph oder im feinsten Pulver, in Serpentin umgewandelt werden können, wenn sie nur den dazu nöthigen Bedingungen ausgesetzt sind. Da der Serpentin keine selbstständige Krystallform hat, so kann

er natürlich nur formlos erscheinen, wenn das Material, woraus er sich gebildet hat, formlos war.

Ein Mineral dagegen, welches nur im krystallisirten Zustande erscheint, wird sich, wenn es durch Umwandlung einer formlosen Masse entsteht, in seiner ihm eigenthümlichen Krystallgestalt bilden. Zu Pulver zerriebene Cordierite, Turmaline u. s. w. würden sich daher unter den erforderlichen Umständen in Glimmer in dessen eigenthümlichen Krystallformen umwandeln, da sie im krystallisirten Zustande diese Umwandlung erleiden. An der Möglichkeit ist übrigens nicht zu zweifeln, dafs bei der Umwandlung eines Cordieritkrystalls in Glimmer die ursprüngliche Krystallgestalt unter gewissen Bedingungen verloren gehen und letzterer in seiner eigenen Krystallform auftreten könne.

Welche Bedeutung die pseudomorphischen Processe haben, und wie sehr diejenigen im Unrecht sind, welche sie für unbedeutende, auf die Veränderung der Gebirgsgesteine wenig Einflufs habende Erscheinungen betrachten, zeigten die oben (P. 172) angeführten Erscheinungen: das gänzliche Verschwinden früher vorhanden gewesener Gangarten in den Erzgängen. Wir meinen, es sei doch wohl eine Sache von Bedeutung, wenn aus einem mächtigen Gangzuge aller Flufs- und Kalkspath fortgeführt, und wenn dagegen eine gleiche Menge Quarz zugeführt wird. Und woher wissen wir, dafs dies wirklich geschehen ist? — Weil wir den Quarz in Formen von Flufsspath und Kalkspath finden. Ist aus dieser Verdrängung nicht zu schliefsen, dafs im Mineralreiche noch bei weitem grofsartigere Verdrängungen stattgefunden haben können, wenn die Processe noch länger angehalten haben? — Auf welche Zeiträume kommen wir, wenn wir die Periode in's Auge fassen, in welcher die Gewässer den Flufs- und Kalkspath in jene Gangspalten geführt haben, und dann die Periode, in der diese Mineralien wieder durch Gewässer fortgeführt und an ihre Stelle quarzige Bildungen abgesetzt worden sind? — Und alles dieses geschah erst, nachdem das Grundgebirge, in welchem jene Gangzüge sich finden, schon gebildet worden war. Wenn wir uns ähnliche Vorgänge in dem Grundgebirge denken, die nicht blos die Zeiträume jener beiden Perioden, sondern den ganzen Zeitraum seit

seiner Bildung umfassen, zu welchen Metamorphosen vom grofsartigsten Umfange werden wir dann geführt? — In der Zeit, in welcher ein einziger Flufsspathkrystall vom Quarz verdrängt wird, können neben und um ihn Millionen solcher Krystalle verdrängt werden, wenn sie sich unter denselben Bedingungen wie jener befinden.

Würdigt man Erscheinungen, wie sie Breithaupt anführt, ist es nicht im mindesten zu bezweifeln, dafs sie an unzähligen Punkten wiederkehren, überzeugt man sich, dafs sie einzig und allein die Wirkungen von Gewässern sind: so kann man nicht überrascht werden, wenn man dieselben Wirkungen in Metamorphosen wieder findet, welche grofse Gebirgsmassen betroffen haben. Nach solchen Betrachtungen können Umwandlungen grofser Gebirgsmassen in Speckstein, Talk, Serpentin, Kaolin u. s. w., nicht im mindesten befremden.

So viel von den Pseudomorphosen [1]) im Allgemeinen. Die Beschreibung der Individuen, ihre Bildungsart u. s. w. findet sich in den Kapiteln, welche von den Mineralien handeln, die im pseudomorphen Zustande vorkommen.

In den Kapiteln, welche von Mineralien handeln, die pseudomorphosirt werden können, ist dagegen blos angeführt, dafs sie fähig sind, in diese oder jene Mineralien umgewandelt oder von diesen oder jenen verdrängt zu werden.

So hat man z. B. die Pseudomorphose des Quarz in Formen von Kalkspath im Quarz-Kapitel zu suchen. Beim Kalkspath ist dagegen blos angeführt, dafs er vom Quarz verdrängt wird.

---

[1]) Neues über Pseudomorphosen seit dem Erscheinen der I. Aufl. cf. Heddle Phil. Mag. XVII. 42 und Volger „Die Entwicklungsgeschichte der Mineralien der Talkglimmer-Familie und ihrer Verwandten sowie der durch dieselben bedingten petrographischen und geognostischen Verhältnisse. Zürich 1855."

Kapitel III.

Wasser.

Wasserdünste steigen auf aus dem Meere, den Seen, den Flüssen und allen andern Ansammlungen von Wasser auf unserm Planeten. Mit diesen Dünsten schwängern die Winde die Atmosphäre, und durch Regen, Schnee u. s. w. werden dieselben unter gewissen Bedingungen wieder niedergeschlagen. Aufser einer äufserst geringen Menge salziger Bestandtheile enthalten die Meteorwasser immer Gase, die aus der Atmosphäre aufgenommen werden, und Sauerstoff findet sich in ihnen in viel gröfserer Menge, als in der atmosphärischen Luft. Alle Substanzen, welche eine Verbindung mit Sauerstoff eingehen können, werden demnach oxydirt, wenn dieses Wasser mit ihnen in Berührung kommt.

Da in der atmosphärischen Luft nur wenig Kohlensäure enthalten ist, können die Meteorwasser nur wenig davon aufnehmen. Kalkwasser zeigt indefs, dafs sie darin vorhanden ist, und sogar im Schnee[1]). Die Meteorwasser absorbiren dann aus der faulenden vegetabilischen Erdkruste, noch mehr Kohlensäure, und werden sie so in das Innere der Erde hinabgeführt: so wirkt dieses Gas als ein kräftiges Zersetzungsmittel auf Mineralien, die Kalksilicat, Eisenoxydul u. s. w. enthalten.

Nachstehende Versuche weisen die quantitativen Verhältnisse der vom Meteorwasser absorbirten Gase nach.

Nach Baumert[2]) enthält Regenwasser, welches nach mehrstündigem Regnen aufgefangen wurde und 9° R. warm war, nach Volumtheilen

---

[1]) Einer meiner Schüler, Fabricius, fand bei einer sorgfältigen Prüfung frisch gefallenen Schnee's, dafs er nach dem Schmelzen durch Kalkwasser getrübt wurde.

[2]) Ann. d. Chem. u. Pharm. Bd. LXXXVIII. S. 17.

Sauerstoffgas . . .	33,76
Stickgas	64,47
Kohlensäuregas . .	1,77
	100,00

E. Marchand[1]) untersuchte die Veränderungen, welche die von stehenden Gewässern absorbirte Luft unter verschiedenen Umständen erleidet.

I. Luft aus Wasser, in welchem sich am Lichte die sogenannte Priestleysche Materie gebildet hatte.

II. Luft aus diesem Wasser bei weiter vorgeschrittener Fäulnifs.

III. Luft aus Wasser, welches der atmosphärischen Luft zugänglich, aber vor Licht geschützt war, bei 10° R.

	I.	II.	III.
Sauerstoffgas	33,5	20	32 — 33
Stickgas	66,5	80	68 — 67
	100,0	100	100 — 100

In der vom Regenwasser absorbirten Luft ist daher das Kohlensäuregas $\frac{1}{19}$ des Sauerstoffgases, in der atmosphärischen Luft ist jenes nur $\frac{1}{525}$ des letzteren. Im Verhältnifs zum Sauerstoffgas ist mithin im Regenwasser 28mal soviel Kohlensäure als in der Luft vorhanden. Dieses Resultat kann nicht befremden, wenn man beachtet, dafs das Wasser von Kohlensäure 16mal soviel absorbirt als vom Sauerstoff.

Die Kohlensäure in dem in die Erdkruste dringenden Wasser, welche nicht consumirt wird, kommt durch die Quellwasser wieder zu Tage und kehrt bei ihrer Verdunstung, wenn auch erst im Meere, wieder in die Atmosphäre zurück. Ebenso auch die Kohlensäure im Regenwasser, welche zur Auflösung von Carbonaten während seines Laufes durch die Erdkruste verbraucht und beim Absatze dieser Carbonate wieder ausgeschieden wird. Die zur Zersetzung von Silicaten verbrauchte Kohlensäure in den Quellwassern kehrt aber nicht in die Atmosphäre zurück.

Diesem gemäfs müfste die Kohlensäure in der Atmosphäre fortwährend abnehmen; denn die durch die Respirations- und andere Processe gebildete Kohlensäure ist

[1]) Compt. rend. T. XXXVII. p. 719.

einem Kreislaufe unterworfen, indem sie durch den Vegetationsprocefs wieder zersetzt wird. Die Kohlensäure-Exhalationen aus dem Innern der Erde erscheinen aber als ein Aequivalent der durch Zersetzung der Silicate verbrauchten Kohlensäure.

Kohlensaures Ammoniak und die in Meteorwassern vorhandenen organischen Substanzen sind gleichfalls von Bedeutung in Bezug auf ihre Wirkung auf Gesteine. Die Wirkung der organischen Substanzen besteht in der Reduction von Eisenoxyd (sei es als solches oder in Verbindung mit Kieselsäure vorhanden) zu Oxydul. Die organischen Substanzen, die bei der Analyse von Mineralien gefunden werden, sind hauptsächlich von der vegetabilischen Erdrinde herzuleiten: von hier nehmen die Meteorwasser sie auf und führen sie in die Mineralien; aber die organischen Substanzen in Mineralien, welche nicht mit vegetabilischer Erdrinde bedeckt sind, wie in den kalten Zonen, oder über der Schneeregion der Alpen, müssen sie nothwendiger Weise aus der Atmosphäre aufnehmen.

Beim Eindringen in die Gesteine verliert das Meteorwasser bald seinen Sauerstoff und die Kohlensäure, wenn in den Gesteinen Körper vorhanden sind, die Verbindungen mit diesen Gasen eingehen können. Aus den Gesteinen nimmt es solche Substanzen auf, die entweder in ihm an und für sich oder mit Hülfe der Kohlensäure löslich sind. Diese Substanzen setzen das Wasser in den Stand, weitere Zersetzungen oder neue Bildungen zu veranlassen, wenn es weiter in die Tiefe dringt.

Wenn, wie das manchmal der Fall ist, Wasser in ungewöhnlich grofse Tiefen dringt, und grofsen Mengen Kohlensäure, die aus dem Innern der Erde aufsteigen, begegnet, wird es mit diesem Gase gesättigt, und Säuerlinge entstehen.

Da das Meteorwasser, ehe es auf die Erdoberfläche kommt, beinahe frei von salzigen und erdigen Theilen ist, während das Quellwasser immer mehr oder weniger davon enthält, und da das Wasser fortwährend und zwar seit langen Zeiträumen durch die Gesteine filtrirt, so ist einleuchtend, dafs ungeheure Massen von Substanzen auf diese Weise fortwährend dem Erdinnern entzogen werden. Aber die Wirkung des Wassers besteht nicht allein in einer

Auflösung dieser oder jener mineralischen Substanzen, welche in den Gesteinen enthalten sind, sondern auch in der Zersetzung von Silicaten mit Hülfe der in ihm enthaltenen Kohlensäure. Dieses ist der Grund, warum erdige Carbonate in dem Wasser der gewöhnlichen Quellen gefunden werden, die aus Gesteinen entspringen, welche diese Substanzen nicht als solche enthalten.

Mineralien verlieren nicht nur durch die Wirkung des Wassers mehr oder weniger von ihren Bestandtheilen, sondern sie erleiden auch Veränderungen in ihrer Zusammensetzung. Die Kenntnifs dieser Veränderungen, und deren Gesetze, bildet die Basis, auf welche die chemische Geologie gegründet werden mufs.

Die Gewässer fliefsen nicht blos durch Spalten, Klüfte und zwischen Schichtungsflächen im Gebirgsgesteine, sondern sie dringen durch dieses selbst. Wir unterscheiden hierbei das Eindringen der Gewässer in die capillaren Zwischenräume zwischen den krystallisirten oder amorphen Mineralien und der Grundmasse von dem Eindringen in diese Mineralien selbst. Je gröfser diese sind, wie in den grobkörnigen Graniten, Syeniten, Trachyten, Conglomeraten u. s. w., desto leichter dringen die Gewässer in jene capillaren Zwischenräume. Die sehr feinkörnigen sedimentären Gesteine, wie namentlich die Thonschiefer, werden in der Richtung der Schieferungsflächen leicht von den Gewässern durchdrungen, aber schwierig in der Richtung, welche auf den Schieferungsflächen senkrecht steht. Beim Eindringen der Gewässer in die krystallisirten Mineralien folgen dieselben den Spaltungsflächen.

Ob ein Gebirgsgestein von den Gewässern leicht oder schwierig durchdrungen wird, zeigt sich in den Schächten und Stollen. Je mehr der Bergbau mit den Gewässern zu kämpfen hat, desto mehr wird das Gestein vom Wasser durchdrungen. In den zahlreichen Achatgruben in den Mandelsteinen bei *Oberstein* ist überall die Firste feucht, überall tropft Wasser herab und sammelt sich hier und da in grofsen Lachen. Dies ist eine, in Beziehung auf die Bildung der Achate sehr bemerkenswerthe Erscheinung.

Zerschlägt man nach anhaltendem Regen, besonders im Frühjahre, krystallinische Gesteine, deren Gemengtheile

nur einigermafsen von grobem Korne sind: so findet man die Bruchflächen mehr oder weniger feucht. Diese Feuchtigkeit zeigt sich nicht blos zunächst unter den, der Witterung exponirten Steinflächen: sondern man nimmt sie auch beim Durchschlagen fufsgrofser Blöcke, und bei den durch Steinbruchsarbeit losgesprengten Blöcken wahr. Diese Erscheinung steht im genauesten Zusammenhange mit der Verwitterbarkeit und Brauchbarkeit dieser Gesteine. Je feuchter sie nämlich auf den Bruchflächen beim Durchschlagen erscheinen, desto leichter verwitterbar, und desto weniger brauchbar sind sie.

Ohne Zweifel werden andere grobkörnige Gesteine, wie Granite, dieselbe Porosität zeigen, obgleich ich noch nicht Gelegenheit gehabt habe, nach anhaltend feuchtem Wetter sie zu durchschlagen. In dem *Lomnitzer* Feldspath-Bruche, zwischen *Hirschberg* und *Erdmannsdorf* in *Schlesien*, wo bekanntlich ein so grobkörniger Granit vorkommt, dafs die grofsen Feldspathe und Quarze sehr leicht zum Gebrauche in Porzellan-Fabriken und Glashütten von einander gesondert werden können, und wo diese Gemengtheile, wenn der Granit anhaltend Gewässern ausgesetzt ist, so wenig Zusammenhalt haben, dafs sie mit leichter Mühe von einander getrennt werden können, habe ich indefs das anstehende Gestein, dicht über einer Quelle, so weit im Innern feucht gefunden, als ich es ablöste.

Keineswegs ist diese Porosität nur grobkörnigen krystallinischen Gesteinen eigen; sie zeigt sich auch bei sehr feinkörnigen, wie namentlich beim Basalte; nur in einem geringeren Grade [1]).

Als ich vor einiger Zeit den durch seine grofsen und schönen Basaltsäulen ausgezeichneten *Minderberg* oder *Mendeberg* bei *Linz* besuchte, wurde mein mich begleitender Sohn beim Zerschlagen einiger Säulen, durch einzelne kleine Wassertröpfchen, welche er auf den Bruchflächen bemerkte, überrascht. Wir glaubten anfangs, sie seien nach dem Zerschlagen auf die Bruchflächen gefallene Regentropfen, bald aber überzeugten wir uns vom Gegentheile; denn sie zeigten sich an sehr vielen, durchschlagenen Ba-

---

[1]) Vergl. hierüber das Kap. I. unter Nro. 5 Gesagte.

saltsäulen bei ganz heiterem Himmel. Meinem Collegen Nöggerath, dem ich davon Mittheilung machte, war dieselbe Erscheinung bei den Basalten des *Unkler* Steinbruchs bekannt. Nicht selten finden die Arbeiter bei dem Betriebe des dortigen Basaltbruches in Höhlenräumen des Gesteins bedeutende Ansammlungen von Wasser [1]).

Zeigt ein so dichtes krystallinisches Gestein, wie Basalt, Porosität, so ist diese Eigenschaft wohl bei allen minder dichten und grobkörnigen Gesteinen zu vermuthen. So zeigen sich auch beim Zerschlagen der Lava von *Niedermendig* solche Tropfen auf den Bruchflächen. Indeſs je mehr sie sich zum glasartigen Zustande hinneigen, desto mehr verschwindet die poröse Beschaffenheit, und in den Obsidianen, Rapillis u. s. w. verschwindet sie ganz, sofern nicht diese Gesteine zellig sind, und daher sichtbare Poren zeigen. Aber auch dann können die Gewässer zwar in diese Poren, jedoch nicht in die Gesteinsmasse selbst eindringen, wie schon der Begriff des Glasartigen, die gänzliche Undurchdringbarkeit vom Wasser, in sich schlieſst.

Aber selbst jedes fehlerhaft zusammengesetzte Glas, in welchem nämlich ein Ueberschuſs an Alkali oder zu wenig Kalk vorhanden ist, beschlägt gern mit Feuchtigkeit, womit sich die Oberfläche des Glases chemisch verbindet, ohne dem Auge bemerklich zu werden. Wenn man solches Glas erhitzt, so wird die Oberfläche entweder nur fein rissig oder trübe und schwillt auf, wobei sich auch Bläschen bilden und die Oberfläche ein ganz verwittertes Ansehen annimmt. Ein kleines Glasstückchen verlor beim Trübewerden ungefähr $^1/_8$ % Feuchtigkeit, ein anderes sogar über 1 %. Splitgerber [2]), welcher diese Erscheinungen wahrnahm, bemerkt, daſs man auch in einem vulkanischen Product

[1]) Es ist bekannt, daſs Mauern aus Basalten feuchte Wände geben, weſshalb sie auch nicht für wohnbare Räume angewendet werden. Ohne Zweifel rührt dies von der porösen Beschaffenheit dieses Gesteins her; denn nach dem häufigen Vorkommen von Wassertröpfchen auf den Bruchflächen zerschlagener Basaltsäulen zu schlieſsen, ist die Menge des ein- und durchdringenden Wassers gar nicht unbedeutend.

[2]) Poggendorff's Ann. Bd. LXXXII. S. 453.

einen Wassergehalt finden kann, worin man ihn nicht erwarten sollte, wenn keine Verwitterung sichtbar ist.

Es ist ganz gewifs, dafs eben so weit, als wir die Spuren der Verwitterung oder Veränderung der Gesteine von aufsen nach innen verfolgen können, ein Eindringen von Wasser stattgefunden haben mufs. So findet man manchmal in Basalten, welche sehr zur Verwitterung geneigt sind, beim Durchschlagen, ganz im Innern kleine, ochergelbe Flecken, welches im Zusammenhange steht mit den vorhin bemerkten feuchten Stellen; denn die Bildung von Eisenoxydhydrat auf Kosten des Eisenoxyduls in diesem Gestein setzt die Gegenwart von Sauerstoff und Wasser voraus.

Ein anderes untrügliches Zeichen von dem tiefen Eindringen des Wassers in krystallinische Gesteine von solcher Art ist das Brausen derselben durch Säuren auf Bruchflächen, ganz im Innern des Gesteins [1]).

Gesteine, welche nach anhaltend nasser Witterung beim Durchschlagen keine Spuren von Feuchtigkeit auf den Bruchflächen zeigen, brausen auch nicht, oder wenigstens nur höchst selten, und dann nur an den, den äufsern Flächen nahen Stellen, oder da, wo sich gröfsere Krystalle von aufsen nach innen ziehen. So fand ich die Bruchflächen vieler zerschlagener Stücke des phonolithischen Gesteins auf der Kuppe von *Olbrück,* obgleich feuchtes Wetter vorangegangen war, vollkommen trocken, und sie brausten auch nicht mit Säuren. Selbst die äufsern Flächen dieser Gesteine brausten nicht, was doch sonst bei sehr vielen Gesteinen, wie Basalt, Trachyt, Dolerit u. s. w., die auf den Bruchflächen nicht brausen, der Fall ist. Die dichte Beschaffenheit jenes phonolithischen Gesteins zeigt sich auch in seiner äufserst schwierigen Verwitterbarkeit.

Eine reichere oder ärmere Vegetation auf krystallinischen Gesteinen weiset gleichfalls auf gröfsere oder geringere Verwitterbarkeit und mithin auf ihre gröfsere oder geringere Porosität hin. Die Berge in den Umgebungen des *Laacher See's,* welche aus vulkanischen Schlacken, Rapillis u. s. w. bestehen, tragen eine äufserst kümmerliche

---

[1]) Vergl. das hierüber Kap. I. unter Nro. 5 Gesagte.

Vegetation, während benachbarte, aus Basalt oder lavaartigem Gesteine, mit den schönsten Waldungen bedeckt sind. Indefs kann man nicht so ganz unbedingt aus einer üppigen Vegetation auf leichte Durchdringbarkeit des Gesteins vom Wasser schliefsen. Die Natur bedient sich da, wo die Gesteine schwierig vom Wasser durchdrungen werden, eines andern Mittels, sie zur Verwitterung zu bringen: sie ruft auf den äufsern Flächen eine Vegetation von Moos hervor. Der Moos-Ueberzug erlangt nach und nach eine bedeutende Dicke und erhält die von ihm bedeckten Steinflächen beständig feucht. Wo sich also mangelnde Porosität dem Eindringen des Wassers widersetzt, da geschieht der Angriff des Gesteins von aufsen: die Feuchtigkeit im Moose absorbirt die atmosphärische Kohlensäure, und macht so die Zersetzung möglich. Das nach und nach absterbende Moos mit seinen an den Wurzeln hängenden, verwitterten Theilen des Gesteins bildet die Dammerde, und liefert so Material für eine höhere Vegetation.

Auf dem dichten doleritischen Gestein der *Löwenburg* im Siebengebirge zeigt sich diese Erscheinung sehr auffallend. Aus dem dichten Hochwalde, der diesen Kegel bis zu seiner Spitze bedeckt, möchte man auf eine grofse Porosität und Verwitterbarkeit des Gesteins schliefsen. Zerschlägt man aber Blöcke, so findet man die Bruchflächen nicht feucht, sie brausen nicht mit Säuren; nur auf den äufsern mit Moos bedeckt gewesenen Flächen nimmt man Brausen wahr.

Will man sich schnell und einfach von der gröfseren oder geringeren Porosität eines Gesteins überzeugen: so legt man Stücke desselben in eine sehr verdünnte Schwefelsäure, und bringt das Gefäfs unter die Luftpumpe. Durch Auspumpen wird die in den Poren des Gesteins befindliche Luft fortgetrieben, und beim Hinzuleiten tritt die verdünnte Säure in diese Poren durch den Atmosphärendruck. Zerschlägt man die abgewaschenen Steine, so kann man durch befeuchtetes Lackmuspapier leicht erkennen, wie tief die verdünnte Säure in das Innere gedrungen ist. Ziemlich poröse Gesteine, wie Trachyt, so behandelt, röthen Lackmuspapier bis zu 1 bis $1\frac{1}{2}$ Zoll Tiefe. Läfst man Monate lang krystallinische Gesteine in der Säure liegen, und

sind sie von der Art, dafs sie durch Säuren zersetzt werden: so schreitet nach und nach die Zersetzung bis ins Innere fort. Dies ist mithin der vollgültigste Beweis für die Porosität des einer solchen Operation unterworfenen Gesteins. So blieben in meinem Laboratorium Basaltstücke von der Gröfse einer welschen Nufs, auf diese Art behandelt, zufälligerweise einige Jahre in der verdünnten Säure liegen. Als das Gefäfs mir wieder zur Hand kam, war die Flüssigkeit ganz eingetrocknet und die Basalte waren durch die Säure bis ins Innere zersetzt. Das was im vorliegenden Falle eine starke Säure in verhältnifsmäfsig kurzer Zeit bewirkte, wird eine schwächere Säure, Kohlensäure-haltiges Wasser, in einem ungleich längeren Zeitraume ebenfalls zu Stande bringen.

Das Färben der Chalcedone, welches nach Nöggerath's Beschreibung zu Oberstein vorgenommen wird, zeigt, dafs auch diese kieseligen Bildungen von Flüssigkeiten durchdrungen werden. Es sind die feinen Streifen von Chalcedon, welche in den Achat-Mandeln über einander liegen, oder dieselben auch ganz erfüllen, zwischen welche die färbenden Flüssigkeiten eintreten.

Das Verwittern mancher Quarze zeigt, dafs auch diese so dichten Steine durchdringbar vom Wasser sind; denn nach meinen Beobachtungen erfolgt es, indem sich das Eisenoxydul in denselben höher oxydirt und durch Aufnahme von Wasser zu Eisenoxydhydrat wird, wodurch die Quarze zerfallen.

Gleich den Schiefersteinen gehören auch die von Wasser durchdrungenen Thonarten zu den wasserdichtesten Massen.

Aus dieser Darstellung ersieht man, dafs bei weitem die meisten und die verbreitetsten Gesteine Wasser durch ihre Masse selbst, mehr oder weniger, dringen lassen. Berücksichtigt man, dafs in den mehr oder minder tiefen Regionen, aus welchen aufsteigende Quellen von constanter Temperatur und von constantem Gehalte kommen, alle Höhlenräume und Klüfte im Gesteine vom Wasser erfüllt sind: so begreift man, wie selbst ihre kleinsten Poren davon durchdrungen sein müssen. Sehen wir, dafs die Gebirgsgesteine um so mehr zersetzt werden, je mehr sie dem

Wasser ausgesetzt sind: so ist nicht zu zweifeln, dafs in den Werkstätten der Mineralquellen die Zersetzung am intensivsten erfolgen werde, wo Ströme von Kohlensäuregas aus der Tiefe zutreten, und unter vermehrtem hydrostatischen Drucke bedeutende Quantitäten davon absorbirt werden. Solche Gesteine befinden sich demnach in einem ganz ähnlichen Verhältnisse, als wenn sie in sehr verdünnter Schwefelsäure, Salzsäure u. s. w. lägen.

Aber selbst die dichtesten Gesteine, in welche wenig oder gar kein Wasser dringen kann, werden doch, ebenso wie sie über der Erdoberfläche durch eine Bedeckung von Moos nach und nach zur Verwitterung kommen, unter ihr durch das sie umgebende kohlensaure Wasser zersetzt, und um so mehr, je mehr sie zerklüftet sind.

Daher finden sich Quellwasser nie ganz frei von festen Bestandtheilen. Sind sie, wie die Thermen von *Gastein* und *Pfäffers*, sehr arm an festen Bestandtheilen: so ist dies ein Zeichen, dafs ihre Gewässer mit Gesteinen in Berührung kommen, die sehr dicht oder sehr wenig zersetzbar sind, oder welche wenig oder keine auflöslichen Bestandtheile enthalten, oder dafs es an Kohlensäure fehlt.

Diese Gas-Exhalationen nehmen in Beziehung auf ihre Frequenz den ersten Rang ein. Sie sind eines der grofsartigsten Phänomene auf der Erdoberfläche, welches den wichtigsten Einflufs auf die Zersetzung der Gesteine hat.

Kohlensäuregas entwickelt sich aus der zahlreichen Klasse von Säuerlingen, welche auf der Erde sehr verbreitet sind, und sich in besonders grofser Zahl in Gegenden finden, wo man erloschene Vulkane oder Basalte antrifft. Man findet indefs auch mitten in sedimentären Formationen Säuerlinge mit reichlicher Kohlensäure-Entwicklung.

In *Deutschland* sind die Säuerlinge sehr verbreitet. Sie finden sich in der *Eifel*, in den Umgebungen des *Laacher See's* und des *Siebengebirges*, des *Westerwalds* und des *Taunus*, des *Habichtswaldes*, des *Meifsners*, des *Vogelgebirges* und der *Rhön*, des *Fichtelgebirges*, des *Erzgebirges*, des *Böhmischen Mittelgebirges* und des *Riesengebirges* mehr oder weniger zahlreich, und mit mehr oder weniger Koh-

lensäure-Entwicklung. Sie folgen ganz genau den basaltischen Zügen von der *Eifel* bis zum *Riesengebirge*[1]).

In der *Eifel* und in den Umgebungen des *Laacher See's* entspringen gewifs weit über tausend Sauerquellen, und nicht selten an einer Stelle eine grofse Zahl, eine neben der andern, zusammengedrängt.

Das Kohlensäuregas entwickelt sich hier aber nicht blos aus den Sauerquellen, sondern auch unmittelbar aus dem Boden, aus dem Wasser der Bäche und aus Spalten im Gebirge.

Ueber den Einflufs des Wassers bei chemischen Zersetzungen verdanken wir H. Rose[2]) eine Reihe schätzenswerther Untersuchungen. Dafs das Wasser, wenn es in grofsen Massen wirkt, auf Verbindungen, deren Bestandtheile mit starker Affinität verbunden sind, zersetzend einwirken kann, ist bei mannichfaltigen Processen zu erkennen. Sehr viele solcher Zersetzungen kennen wir seit langer Zeit; dafs aber das Wasser die Ursache derselben sei, ist entweder nicht bekannt, oder wird oft geläugnet.

In der grofsen Reihe von Silicaten des Mineralreichs sind lösliche Silicate der Alkalien mit den höchst schwerlöslichen Silicaten von Thonerde, Kalkerde, Magnesia u. s. w. verbunden. Die wasserhaltigen Zeolithe, welche sich leicht durch verdünnte Säuren zersetzen lassen, werden nach H. Rose[3]) im fein gepülverten Zustand auch durch langes Kochen mit Wasser zersetzt. Die löslichen Salze in manchen Silicaten, wie das Chlornatrium im Sodalit, das schwefelsaure Natron im Nosean, die schwefelsaure Kalkerde im Hauyn, das kohlensaure Natron bisweilen im Cancrinit, werden im gepülverten Zustande durch eine grofse Menge, namentlich kochenden Wassers, obgleich sehr schwer (ob vollkommen, ist noch nicht untersucht) ausgezogen. Ebenso wird beim Kochen des Chlorapatit mit grofsen Mengen Wassers Chlorcalcium extrahirt. Es ist daher klar, dafs diese Mineralien durch lang anhaltende Einwirkung des Wassers gänzlich verändert werden kön-

[1]) Meine vulkanischen Mineralquellen. *Bonn* 1826 S. 161—230.

[2]) Poggendorff's Ann. B. LXXXII. S. 545. und in den folgenden Bänden.

[3]) A. a. O. S. 560.

nen, indem ihnen dadurch wesentliche Bestandtheile entzogen werden. Wenn die Bestandtheile dieser Mineralien in grofsen Mengen Wassers aufgelöst waren, wie dies nicht anders anzunehmen ist: so mufs die Bildung derselben durch gänzliche oder fast gänzliche Verdunstung des Wassers stattgefunden haben; denn sonst würden die leichtlöslichen Bestandtheile nicht zur Ausscheidung gekommen sein. So grofs die Affinität des Chlorcalcium zum Wasser ist: so mufs doch bei einem gewissen Grade der Concentration seine Affinität zum phosphorsauren Kalk noch gröfser sein. Dafs in langen geologischen Perioden durch kaltes Wasser dasselbe bewirkt werden kann, was wir durch kochendes Wasser in kurzen Zeiten erreichen, ist kaum zweifelhaft.

Versuche über die Löslichkeit mehrerer, gewöhnlich für unlöslich gehaltener Oxyde und Salze habe ich schon vor 32 Jahren angestellt[1]).

Bei der Analyse eines an kohlensaurem Natron und Kochsalz überaus reichen Mineralwassers war eine grofse Menge destillirten Wassers nöthig, um die durch Abdampfen erhaltenen Bestandtheile auszulaugen. Das Wasser hatte aufser den leichtlöslichen Salzen aufgenommen

	(a)	(b)	
Kieselsäure	0,53	0,0130	Gran
Eisenoxyd mit Thonerde .	0,475	0,0389	„
Kohlensaure Kalkerde . .	0,675	0,0908	„
Kohlensaure Magnesia . .	19,151	2,4462	„
	20,831	2,5889	Gran

Dafs von der kohlensauren Magnesia 28mal so viel wie von der kohlensauren Kalkerde aufgelöst wurde, während im ausgelaugten Rückstande letztere zur ersteren sich wie 5 : 8 verhielt, zeigt, dafs die kohlensaure Magnesia in reinem Wasser bei weitem löslicher, als die kohlensaure Kalkerde ist.

Dies veranlafste mich, destillirtes Wasser welches leicht bedeckt mehrere Wochen im Laboratorium gestanden hatte, auf ein Gemeng von Magnesia alba, kohlensauren Kalk, Eisenoxydhydrat und Kieselsäurehydrat zu

[1]) Journ. für pract. Chemie Bd. II. S. 73.

giefsen, und das Ganze in einem verschlossenen Gefäfse mehrere Tage unter öfterem Umschütteln stehen zu lassen. Dieses filtrirte Wasser wurde abgedampft und untersucht, und es ergaben sich obige Bestandtheile (b) in 10000 Th. Wassers.

Das angewandte destillirte Wasser läfst sich vergleichen mit einem Regenwasser, welches beim Niederfallen aus der Atmosphäre wahrscheinlich eine noch gröfsere Menge Kohlensäure aufnimmt, als jenes aufgenommen hatte. Man sieht hieraus, wie die reinen Meteorwasser beim Filtriren durch Erden und Gesteine gar nicht unbedeutende Quantitäten mineralischer Bestandtheile auflösen. Wenn man dies gehörig würdigt, so wird es klar, welche Veränderungen die Meteorwasser in den Gesteinen hervorbringen können, wie sie Bestandtheile hier aufnehmen, dort durch Austausch wieder absetzen und so nach Millionen Jahren Wirkungen hervorbringen, die uns in Staunen versetzen, obgleich die Mittel, wodurch sie hervorgebracht wurden, so unbedeutend sind, dafs sie meist übersehen werden. Darin liegt das ganze Geheimnifs der Entstehung der Pseudomorphosen im Mineralreiche, wie im Kap. II. gezeigt wurde.

Ein Mineral, welches weder Sauerstoff, noch Kohlensäure, noch Wasser aufnehmen kann, sollte, wie es scheint, eine ewige Dauer haben. Diesem widerspricht aber die tägliche Erfahrung. Wo die Atmosphärilien nicht mehr zersetzend wirken, da wirken sie (Wasser und Kohlensäure) auflösend.

W. B. Rogers und R. E. Rogers[1]) fanden, dafs Wasser mit Kohlensäure gesättigt und selbst meist reines Wasser folgende Mineralien und Gebirgsarten theilweise zersetzt und auflöst[2]).

Kalifeldspath	Chalcedon	Obsidian
Natronfeldspath	Epidot	Lava

[1]) Nach gefälliger Mittheilung eines Extraabdruckes aus dem American Journal of Science and Arts von den Verf., ohne Angabe des Bandes und Heftes (1848).

[2]) Auch verschiedene Glassorten, chinesisches Porzellan und Wedgewood wurden angegriffen.

Lithionfeldspath	Analcim	Grünstein
Glasiger Feldspath	Mesotyp	Gneifs
Labrador	Skolezit	Hornblendeschiefer
Glimmer	Axinit	
Leucit	Prehnit	
Turmalin	Talk	
Augit	Speckstein	
Kockolith	Chlorit	
Hypersthen	Serpentin	
Hornblende		
Strahlstein		
Grammit		
Asbest		
Olivin		

Die fein gepulverten Mineralien wurden auf einem Filter von gereinigtem Papier mit destillirtem Wasser behandelt, und das Filtrat mit Reagentien geprüft. Zugleich wurde aber auch das Pulver mit Wasser von Zeit zu Zeit geschüttelt und das abfiltrirte Wasser zur Trockne abgedampft. Beide Operationen wurden ein Mal mit luftfreiem, reinen Wasser, das andere Mal mit Wasser, welches mit Kohlensäure gesättigt war, vorgenommen.

Wenn das Material vor dem Uebergiefsen mit Wasser sehr fein gepülvert war: so gab gewöhnlich schon der erste Tropfen, welcher abfiltrirte, Spuren eines Alkali oder einer alkalischen Erde zu erkennen. In weniger als zehn Minuten zeigte sich schon das Auflösungsvermögen des kohlensauren Wassers und durch Zurückgiefsen der abfiltrirten Flüssigkeit nahm die Wirkung zu. Beim reinen Wasser war sie viel schwächer und forderte längere Zeit. Aber bei fast allen oben aufgezählten Substanzen war sie ganz unzweideutig und bei einigen sehr intensiv.

Durch fortgesetzte Digestion der gepülverten Mineralien mit kohlensaurem Wasser 48 Stunden, und mit reinem Wasser eine Woche lang wurde manchmal so viel ausgezogen, als zu einer quantitativen Analyse erforderlich war. So erhielt man aus Feldspath, Hornblende, Strahlstein, Epidot, Mesotyp, Chlorit, Serpentin u. s. w. so viel Kieselsäure, Alkali, Kalk, Magnesia, Eisenoxyd und Thonerde, dafs deren Menge 0,4 bis 1 % vom Mineral betrug.

Die Alkalien und alkalischen Erden wurden als Carbonate erhalten, das Eisen aus Hornblende und Epidot ging während des Abdampfens aus dem Zustande des Carbonat in den des Eisenoxydhydrat über.

Die meisten der angeführten Mineralien, in einem Chalcedonmörser fein gepülvert, und mit reinem Wasser in einem Platintiegel befeuchtet, reagirten alkalisch auf gefärbte Papiere. Feldspath, Glimmer, Hornblende, Grammatit, Asbest, Chlorit, Serpentin zeigten diese Reaction am stärksten [1]). Bemerkenswerth ist, dafs diese Reaction bei den Magnesia- und Kalk-Magnesia-Silicaten schneller und stärker, als bei den Feldspathen und bei den meisten andern alkalischen Mineralien erfolgte.

Die verhältnifsmäfsig leichtere Zersetzbarkeit der Magnesia- und Kalk-Magnesia-Silicate durch kohlensaures und selbst durch reines Wasser erklärt, wie die Verf. bemerken, die schnelle Zersetzung der Gesteine, welche hauptsächlich aus Hornblende, Epidot, Chlorit u. s. w. bestehen.

Wöhler's [2]) sehr interessanter Versuch, Apophyllit in wässrige Auflösung zu versetzen und daraus wieder in Krystallen zu erhalten, zeigt, dafs ein Mineral sich ohne alle Zersetzung im Wasser auflösen kann. Diese Auflösung fand zwar nur in einem sehr heifsen Wasser statt, und nach Bunsen wirkt kaltes nicht im mindesten ein; allein da die Gebrüder Rogers ähnliche Zeolithe und andere Mineralien, von denen noch viel weniger die Auflösbarkeit im Wasser zu vermuthen gewesen wäre, doch darin aufgelöst haben: so wird kaltes Wasser schwerlich ohne alle Wirkung auf Apophyllit sein. Ohne besondere auf diesen Zweck gerichtete Versuche kann aber freilich diese Auflösbarkeit nicht erkannt werden. Die Löslichkeit des Apophyllit ohne Zersetzung erklärt die Bildung desselben in Spalten und Drusenräumen.

Was die Gewässer in kurzer Zeit ausrichten, wenn

---

[1]) Die Verf. bemerken, dafs gepülvertes Glas diese Reaction besonders stark zeige. Schon vor langer Zeit (Kastner's Archiv 1824. Bd. I. S. 442) habe ich gefunden, dafs das mit einer Feile abgefeilte Glaspulver schon auf der Zunge einen auffallenden alkalischen Geschmack verspüren läfst.

[2]) Zeitschr. d. deutschen geolog. Gesellschaft. Bd. II. S. 140.

ihnen die Mineralien im fein gepülverten Zustande dargeboten werden, das werden sie auch in längerer Zeit bewirken, wenn die letzteren, womit sie in Berührung kommen, in mehr oder weniger gröfseren Stücken vorhanden sind. Es ist kein anderer Unterschied, als dafs die Berührungsflächen der Mineralien um so mehr abnehmen, je gröfser die Massen werden.

Die farbigen Erscheinungen zwischen fast sich berührenden Gläsern gestatten eine Berechnung aufserordentlich kleiner Zwischenräume. Newton hat den kleinsten Zwischenraum, welchen die weifse Farbe gibt, auf etwas mehr als $\frac{1}{14000}$ Linie festgesetzt, und Hauy hat aus der verschiedenen Lichtbrechung des Glimmers berechnet, dafs ein Glimmerblättchen, welches dieselbe Wirkung, wie jene Luftschicht gibt, $\frac{1}{900000}$ Linie dick sein müsse [1]). Zerspaltete man einen Glimmerwürfel von 1 Zoll Seite in Blättchen von dieser Dicke: so würden die Berührungsflächen sämmtlicher Blättchen 150000 Quadratfufs betragen. Nehmen wir an, ein Mineral könne so fein gepülvert werden, dafs jedes Stäubchen, welches wir uns, der Einfachheit wegen, als einen Würfel denken wollen, so dick wie jene Blättchen sei, mithin $\frac{1}{900000}$ Linie Seite habe: so würde ein Würfel von 1 Zoll Seite

$$900000^3 . 1728 = 1259712000000000000000$$

solcher Stäubchen geben. Wir zweifeln sehr, dafs auf mechanischem Wege, d. h. durch Zerreiben in einer Reibschale eine solche Zertheilung bewirkt werden könne; wir wollen sie aber annehmen, um einen Anhaltepunkt zu gewinnen. Die Gesammtoberfläche dieser Stäubchen würde dann $3 . 150000 = 450000$ Q. Fufs, betragen: d. i. ein Quadrat von 670 Fufs Seite sein. Da nun ein Würfel von 1 Zoll Seite eine Oberfläche von 6 Quadratzoll hat: so verhält sich diese Oberfläche zu der jener Stäubchen wie $6 : 64800000 = 1 : 10800000$.

Es ist wohl erlaubt anzunehmen, dafs die Zeiten, in welchen das auf ein Mineral zersetzend oder auflösend wirkende Wasser gleiche Effecte hervorbringt, sich umgekehrt wie die sich darbietenden Berührungsflächen verhalten. Wird daher ein Mineral so weit zertheilt, dafs sich die Be-

[1]) Ehrenberg in Poggendorff's Ann. Bd. XXIV. S. 25.

rührungsflächen um das 10 Millionenfache vermehren, und löset davon Wasser in einer gewissen Zeit eine gewisse Menge auf: so wird, wenn sich das Mineral als unzertheilter Körper dem Auflösungsmittel darbietet, erst in einer 10 Millionen Mal so langen Zeit derselbe Effect hervorgebracht werden.

Die Gebrüder Rogers fanden, dafs von 40 Grains fein gepülverter Hornblende, 48 Stunden lang mit kohlensaurem Wasser behandelt, 0,355 Gr. (Kieselsäure, Eisenoxyd, Kalk, Magnesia) aufgelöst wurden. Unter übrigens gleichen Umständen würde bei 112maliger Wiederholung, jedesmal mit frischem Wasser, eine vollständige Auflösung erfolgen. Dazu würde also eine Zeit von 224 Tagen erforderlich sein. Behandelte man nun 40 Gr. Hornblende im ungepülverten Zustande, in welchem, nach der Voraussetzung, die Berührungsflächen nur $\frac{1}{10000000}$ von denen im fein gepülverten betrügen: so würden, wenn sich in je 2 Tagen das Wasser immer erneuerte, zur gänzlichen Auflösung 2240 Millionen Tage oder etwas über 6 Millionen Jahre erforderlich sein.

Wenn der Chemiker eine Substanz mit Wasser behandelt, sie aber weder durch Reagentien in dem Wasser noch durch Abdampfen desselben nachweisen kann: so hält er sie für unlöslich. Damit ist aber nicht der Beweis ihrer absoluten Unlöslichkeit geführt; denn bei hohen Graden der Verdünnung reagiren Reagentien nicht mehr, und der Rückstand nach dem Abdampfen kann so unbedeutend sein, dafs er auch nicht mehr zu erkennen ist. Findet man aber ein Mineral in der Form eines anderen, dessen Löslichkeit der Chemiker nicht mehr nachzuweisen vermag: so beweiset dies, dafs Gewässer auf das verdrängte Mineral vielleicht viele Hunderttausend Jahre lang gewirkt, es allmälig aufgelöst und fortgeführt haben.

Wie überall, so auch hier, kommen wir auf grofse geologische Perioden, wenn wir versuchen, die Zeit der im Mineralreiche von Statten gehenden Wirkungen zu schätzen. Jener Zeitraum von 6 Millionen Jahren vergröfsert sich noch, wenn das Wasser, womit ein etwa im Gestein eingeschlossener Hornblendekrystall in Berührung kommt, in einem geringeren Verhältnisse zutritt, als jene Berech-

nung voraussetzt. Auf der andern Seite ist zu beachten, dafs kein Mineral, am wenigsten die sehr vollkommen spaltbare und sehr häufig zerklüftete und poröse Hornblende, völlig undurchdringbar vom Wasser ist. Dringen aber die Gewässer durch die Spaltungsflächen des Minerals in das Innere: so ändern sich die Verhältnisse durch Zunahme der Berührungsflächen, und die Auflösung erfolgt dann in einer viel kürzeren Zeit, sofern nur das Wasser ungehinderten Zutritt hat. Daher wird es begreiflich, wie in schwierig durchdringbaren Gesteinen, die nur den durchfiltrirenden Meteorwassern ausgesetzt sind, Verdrängungs-Pseudomorphosen bei weitem längere Zeiträume gebrauchen, als in Gangspalten, durch welche Wasser dringen, oder auf dem Grunde der Flüsse, der Seen und des Meeres, wo die Mineralien immerfort in der Beitze liegen. Daher können uns die manchmal so auffallenden Umwandlungen der Gesteine, welche seit undenklichen Zeiten unter Wasser gelegen haben, nicht im mindesten befremden.

So ist denn mit aller Evidenz bewiesen, dafs auch diejenigen Mineralien, deren Bestandtheile durch die Atmosphärilien nicht zersetzt werden, und daher den zerstörenden Wirkungen derselben Trotz bieten können, der auflösenden Kraft des Wassers nicht zu widerstehen vermögen. Nichts im Mineralreiche ist daher unwandelbar, wenn nicht etwa die edlen Metalle, Gold und Platin, es sind.

In chemischer Verbindung finden wir das Wasser in vielen Mineralien und namentlich in den Zeolithen.

J. Durocher[1]) zeigt, dafs das Wasser der Atmosphäre sehr allgemein von den Mineralien aufgenommen wird, dafs es also auf die Umwandlung derselben von grofsem Einflusse ist, wenn auch andere Elemente der Atmosphäre nicht mitwirken. Er versuchte: ob wasserfreie Silicate Wasser absorbiren, ohne eines von ihren Elementen zu verlieren. Er liefs solche Silicate unter einer Glocke 4 Jahre lang in feuchter Luft liegen und überzeugte sich, dafs Orthoklas, glasiger Feldspath, Albit, Oligoklas, dichter Feldspath, Glimmer, Hornblende, Augit, Magneteisenstein, Eisenglanz,

[1]) Compt. rend. T. XXXVI. p. 595—596, Pharm. Centralbl. 1853. Nro. 57, S. 809.

Blutstein, Pyrolusit und Braunit wirklich Wasser chemisch aufnahmen. Das zwischen 15° und 100° C. entwickelte Wasser stieg bis 0,38 im Glimmer, das zwischen 100° und dunkler Rothglühhitze entwickelte stieg von 0,05 (dichter Feldspath) bis 2,66 % (Glimmer) und das nur zwischen 100° und Rothglühhitze entwickelte stieg von 0,02 (dichter Feldspath) bis zu 0,23 % (Glimmer).

Es erscheint mir sehr bemerkenswerth, dafs unter den genannten Mineralien der dichte Feldspath von *Sala* in *Schweden* gar kein hygroskopisches und auch so wenig chemisch gebundenes Wasser, dagegen der Glimmer von beiden das Maximum unter obigen Mineralien aufnehmen. Es scheint dies mit der aufserordentlichen Theilbarkeit des letzteren in Zusammenhang zu stehen, während ja der dichte Feldspath gar keine Spaltbarkeit besitzt. Es zeigen sich jedoch Verschiedenheiten: denn der dichte Feldspath von *Mont-Aventin* nahm 0,1 hygroskopisches. 0,55 und 0,19 % chemisch gebundenes Wasser auf.

Eine wichtige Rolle spielt das Wasser bei der mechanischen Zertrümmerung der Felsen. Die Ausdehnung des Wassers beim Gefrieren ist eine der wirksamsten Ursachen. Nach dem Aufthauen des in Spalten und Poren der Gesteine gefrorenen Wassers stürzen von den Abhängen der Felsen oft gröfsere und kleinere Massen herab. In den Alpen ist diese Wirkung um so bedeutender, da sie sich nicht blos auf einzelne Jahreszeiten beschränkt, sondern in den höheren Regionen fast täglich vor sich geht. So bestehen oft die obersten Theile schmaler Felsenkämme aus einer Reihe grofser eckiger Fragmente, welche noch ganz den Platz des früheren festen Gesteins einnehmen, aber nur lose auf einander geschichtet sind [1]).

Durch die mechanische Wirkung der Gewässer entstehen Bergstürze. Eine Thonschicht wird allmälig feucht auf der Oberfläche und je nach den Verhältnissen ein nasser Thon. Die Festigkeit der oberen Masse hängt von der relativen Lage der Schichten ab. Wenn nun in einem Gebirge Wasser durch eine geneigte poröse Schicht bis zu

[1]) Schlagintweit, Herman und Adolph, Untersuchungen über die physikalische Geographie der Alpen 1850. S. 308.

einer undurchdringbaren Thonlage eindringt, so wird die Oberfläche der letztern schlüpferig, und die darüber lagernde Masse gleitet in das Thal hinab. Ganz genau so war es am 2. September 1806 mit dem *Ruffiberg* oder *Rofsberg* in der *Schweiz*, welcher sich 5196 Fufs über den *Vierwaldstädter See* erhebt. Sein oberer Theil ist aus porösen Lagern eines zusammengesetzten Gesteins, das aus den Felsentrümmern der Alpen entstanden ist, gebildet und lagert auf einer Thonschicht, das Ganze in einem Winkel von 45° geneigt. Da der Thon durch die Wirkung des Wassers glatt wurde, und die mächtigen darüber lagernden Schichten ihre Unterstützung verloren, glitten sie auf der schlüpferigen und geneigten Fläche hinunter, und das Thal wurde mit ihren Trümmern bedeckt.

Grofse Bergstürze finden durch Eindringen des Wassers in solche Lager statt, welche durch dasselbe mechanisch abgelöst oder chemisch zerstört werden, ohne dafs sie über eine geneigte Ebene hinabglitten, wenn auch das Gesetz der Schwere das Einstürzen verursacht. Die Alpen haben viele Beispiele dieser Art aufzuweisen, unter andern das des grofsen Einsturzes der Diablerets in den Jahren 1714 und 1749 [1]), und der Gemmi.

Der Fufs dieses Gebirges besteht aus einem Thonschiefer, welcher von den Gewässern sehr leicht mechanisch zertheilt wird. Am Ufer der *Dala* sah ich, wie dieser Gletscherstrom den Thonschiefer, der die Unterlage der Gemmi bildet, tief hinein abgenagt hatte, so dafs die darüber liegenden Kalksteinschichten überhängen. Verlieren diese daher ihre Unterstützung, so entstehen Einstürze. An den Diablerets ist es gleichfalls der unter den Kalksteinschichten liegende Thonschiefer, durch dessen Zerstörung die Bergstürze veranlafst wurden.

De la Beche führt als ein Beispiel die untern Schichten zu *Pinhay* in der Nähe von *Lyme Regis* an, deren Zerstörung durch das Quellwasser bedeutender als die von der See am Ausgehenden bewirkte ist. Durch die Kreide und den Grünsand dringen die Gewässer bis zum Thonlager;

---

[1]) Geologisches Handbuch von H. de la Beche. *London* 1831. S. 44 u. 45.

hier in ihrem Laufe nach unten gehemmt, entweichen sie auf dem leichtesten Wege, dem nämlich, der ursprünglich von der See gebildet worden ist. Hier führen sie allmälig den Thon fort; die Kreide und der Grünsand verlieren ihre Unterstützung und stürzen in die See.

Die mechanischen Wirkungen der Gewässer äufsern sich selbst an gleichen Felsen sehr verschieden, welches theils von einer ungleichen Porosität, theils, in den sedimentären Gesteinen, von der Beschaffenheit des Bindemittels herrührt. So werden aus einem geschlossenen Sandsteingebirge durch die Gewässer Parthien fortgeführt, andere bleiben weniger angegriffen und in den wunderbarsten Formen zurück, wie das sogenannte Felsen-Labyrinth zu *Adersbach* in *Böhmen*, die Extern-Steine in der Nähe von *Meinberg* im Fürstenthum *Lippe-Detmold*[1]) und die *Sächsische Schweiz* zeigen.

Von den Wirkungen der Flufs- und Seewasser Kap. V, VI und VII.

---

[1]) Meine populären Briefe B. I. S 70 ff.

Kapitel IV.

Quellen und subterrane Gewässer.

Je nachdem der Erdboden und die Gesteine mehr oder weniger wasserdurchlassend sind, dringt mehr oder weniger von den Meteorwassern ein. Das bis zu gewissen Tiefen gedrungene Wasser kommt entweder an tieferen Stellen der Erdoberfläche in Quellen wieder zum Vorschein, oder es setzt seinen unterirdischen Lauf bis zu benachbarten Flüssen, Seen oder Meeren fort.

So einfach der Wasserlauf auf der Erdoberfläche ist, so verwickelt ist er manchmal unter ihr, wie das eigenthümliche Vorkommen vieler Quellen zeigt.

Die beim Bergbau gewonnenen Thatsachen, die durch die Geognosie erlangte Kenntnifs von der Beschaffenheit und dem Wechsel der Gebirgs-Formationen, die Beobachtungen über die Temperatur der Quellen, die Erscheinungen der artesischen Brunnen u. s. w. haben über den Ursprung der Quellen so viel Licht verbreitet, dafs in der Erklärung nicht viel Hypothetisches mehr übrig bleibt[1]).

Die Meteorwasser: Regen, Schnee, Thau u. s. w., das Wasser der Bäche, der Flüsse, der Seen und des Meers, das schmelzende Eis der Gletscher, sind die Gewässer unserer Erde, aus denen die Quellen entstehen.

A. Quellen, welche aus Flüssen entstehen.

Sind die Thäler mit Detritus erfüllt: so ist dieser vom Wasser der darin fliefsenden Flüsse bis zum Niveau derselben durchdrungen. Wird daher in diesem Detritus

[1]) In der ersten Auflage Bd. I. S. 1—243 sind die Entstehung, der unterirdische Lauf, das Hervorkommen und die Temperatur-Verhältnisse der Quellen ausführlich abgehandelt worden. In dieser Auflage haben wir uns auf dasjenige beschränkt, was Bezug hat auf die chemischen und mechanischen Veränderungen, welche durch den unterirdischen Wasserlauf hervorgebracht werden.

ein Schacht bis zum Wasserstande des Flusses abgeteuft: so dringt Wasser in denselben. Ein solcher Schacht heifst ein Brunnen. Mit dem Steigen und Fallen des Wassers im Flusse steigt und fällt auch das Wasser im Brunnen. Der Detritus ist daher der ununterbrochenen Einwirkung des Wassers ausgesetzt. Das Wasser löst auf, was löslich ist und zersetzt, was zersetzbar ist.

Es ist bekannt, dafs auch im festen Gestein und über den Flufsthälern, ja selbst auf Bergen Brunnen gegraben werden können, wenn das Gestein wasserdurchlassend ist. In solchen Brunnen sammeln sich blofs die in das Gestein gedrungenen Meteorwasser.

B. Quellen, welche aus versinkenden Bächen und Flüssen entstehen.

Wenn der Boden, auf welchem Flüsse fliefsen, sehr zerklüftet ist, was vorszugsweise im Kalkgebirge der Fall ist: so sinkt bei weitem mehr Wasser in denselben, als wenn er aus Detritus besteht. Bildet dieses zerklüftete Bett eine sehr mächtige Schicht, d. h. findet sich erst in bedeutender Tiefe eine zweite Schicht, welche das Wasser nicht durchläfst: so werden so bedeutende Quantitäten Wassers versinken, dafs endlich der Flufs ganz versiegt.

Ist die zerklüftete Schicht ringsumher von wasserdichten Schichten eingeschlossen, so hört das Versinken des Flufswassers auf, sobald alle Klüfte mit Wasser angefüllt sind. Wenn hingegen die zerklüftete Schicht in einem tieferen Niveau zu Tage ausgeht, so fliefsen hier die versunkenen Gewässer aus, und in dem Verhältnisse, als sie hier ausfliefsen, werden sie aus dem Flusse wieder zuströmen.

Je wasserreicher die Flüsse sind, desto weiter werden sie auf dem zerklüfteten Boden fortfliefsen, ehe sie ganz versinken. Daher rückt im Frühjahre oder nach heftigen Regengüssen die Stelle des gänzlichen Versiegens des Flusses vor, und in der trockenen Jahreszeit zieht sie sich zurück. Während der nassen Jahreszeit sind alle Klüfte bis zum Wasserstande des Flusses mit Wasser erfüllt, in welchem Falle der zerklüftete Boden nur so viel Wasser aufnehmen kann, als da ausfliefst, wo die zerklüftete Schicht

zu Tage ausgeht. Während der trocknen Jahreszeit hingegen, wo aus dieser zerklüfteten Schicht mehr ausfliefst. als zufliefst, sinkt das Wasser in den Klüften, und man hört es dann am Ufer des Flusses durch dieselben hinabfallen. Je mehr die Flüsse Gefälle haben, und je schneller sie daher über dem zerklüfteten Boden fliefsen, desto weniger verlieren sie von ihrem Wasser; je langsamer aber ihr Lauf ist, desto mehr verlieren sie und desto schneller versiegen sie ganz.

Der Ort des gänzlichen Versiegens eines solchen Flusses richtet sich daher nach der Jahreszeit: je trockner sie ist, desto mehr rückt er nach dem Ursprunge des Flusses hin; je nasser sie ist, desto mehr entfernt er sich davon.

Diese Erscheinungen zeigen sich unter anderen auf eine sehr auffallende Weise am westlichen Abhange des *Teutoburger Waldes* und am nördlichen Abhange der *Haar* [1]).

Die letzte Hügelreihe des *Teutoburger Waldes* besteht aus sehr zerklüftetem Kreidemergel, der auf dem ebenfalls sehr zerklüfteten Quadersandsteine gelagert ist. Die Schichten des Kreidemergels fallen gegen die *westphälische* Niederung meistens nur unter einem Winkel von 10^0 ab, und so wie sie sich ihr nähern, werden sie allmälig horizontal. Grofse senkrechte Spalten, welche gewöhnlich $1\frac{1}{2}$ Fufs von einander abstehen, schneiden Zerklüftungen, welche parallel mit der Neigung des Kreidemergelgebirges laufen, so dafs dadurch das ganze Lager in Rhomboeder zerlegt wird. Die Richtung der geneigten parallelen Zerklüftungen kann man meilenweit verfolgen, und auf der Oberfläche bemerkt man häufig Erdfälle, in welche die Meteorwasser eindringen, und in denen man oft unterirdische Wasser rauschen hört. Diese Zerklüftungen gehen durch die sämmtlichen Schichten des dortigen Kreidemergels.

Die rhomboedrischen Zerklüftungen setzen sich in den Kreidemergelschichten bis in die kleinsten, einige Zoll grofsen Rhomboeder fort, wodurch die Wasser der

---

[1]) Ueber die merkwürdigen Quellen-Verhältnisse des westlichen Abhanges des *Teutoburger Waldes* von G. Bischof in dem neuen Jahrb. der Chemie und Phys. von Schweigger-Seidel VIII. 249 ff.

gröfseren Spalten in Communication treten. Im Gesteine selbst ist diese Zerklüftung nicht regelmäfsig rhomboedrisch: jedoch gestattet sie stets eine Communication zwischen den Wassern der gröfseren Spalten. In den Schichtungsflächen scheinen sich dagegen die Wasser sehr selten fortzubewegen, indem dieselben meistens durch Thon verschlämmt sind, oder gerade hier das Gestein von der dichtesten Beschaffenheit ist.

Dafs sich die senkrechten Zerklüftungen in dem Kreidemergel auch in dem darunter liegenden Quadersandsteine fortsetzen, ist schon aus den bekannten Structur-Verhältnissen dieser Gebirgsart klar. In dortiger Gegend zeigen es augenscheinlich, bei *Horn* in *Lippe-Detmold*, die sogenannten Externsteine, fünf frei stehende Felsen, wovon der höchste 125 Fufs hoch ist. Ich fand in diesen Felsenmassen theils gröfsere, regelmäfsigere, senkrechte Zerklüftungen, die sich in ihrer ganzen Höhe durchziehen, so dafs man von unten bis oben durchsehen kann, theils weniger regelmäfsige, etwas geneigte Spalten. Dafs sich in diesen Spalten, als die Externsteine wahrscheinlich noch den Kern eines geschlossenen Quadersandsteingebirges bildeten, Wasser bewegt hatten, ist deutlich an den abgerundeten Spaltungsflächen zu sehen, und ebenso dürften die Höhlungen, in welche sich die Klüfte hier und da theils fast kugelförmig, theils oval bis zu 3 Fufs Durchmesser erweitern, und an manchen Stellen sogar mit Eisenocher dünn überzogen sind, dafür sprechen. Wahrscheinlich war das Gestein an diesen Stellen leichter zerstörbar, und wurde nach und nach von den Wassern fortgeführt. Dafür spricht auch, dafs sich in mehreren Quadersandstein-Brüchen des *Teutoburger Waldes* und der *Haar* mehr oder weniger grofse Parthieen losen Sandes eingeschlossen finden.

Weder der Kreidemergel noch der Quadersandstein enthalten ein allgemeines wasserdichtes Zwischenlager. Der Gryphitenkalk und der Keuper, die nächsten Glieder, welche nach unten auf den Quadersandstein folgen, zeichnen sich durch sehr mächtige Thonmergelschichten aus, die das Wasser nicht durchlassen, sofern sie nicht durch Hebungen zerbrochen oder verrückt sind. Der darauf fol-

gende Muschelkalk ist wiederum mannichfaltig zerklüftet. Auf der Gränze zwischen dieser und der nächstfolgenden Formation des bunten Sandsteins findet sich auch eine Thonmergelschicht, von der man jedoch nicht behaupten kann, dafs sie eine grofse Ausdehnung habe, und die also die Communication des Wassers in beiden Formationen nicht überall unterbricht.

Die Sandsteinschichten des bunten Sandsteins sind sehr zerklüftet, und daher der Aufnahme einer bedeutenden Wassermenge fähig. Alle diese Formationen fallen gegen die *westphälische* Niederung, und bedingen dadurch den Wasserlauf nach dieser Richtung. Die Wasser im bunten Sandsteine werden mit denen im Zechsteine communiciren, weil zwischen beiden keine bedeutenden Thonschichten sich befinden. Die Zechsteinformation fällt nördlich von *Stadtbergen* gegen Norden, und kann daher ebenfalls in die *westphälische* Mulde Wasser liefern[1]).

Sechs zum Theil sehr bedeutende Bäche und kleine Flüsse, die *Becke*, der *Ellerbach*, die *Aa*, die *Sauer*, die *Altona*, die *Afte* und die *Alme* sind es, welche die Erscheinung des Versinkens zeigen.

Zieht man eine Linie von *Neuenbecken* über *Dahle* nach *Grundsteinheim*, so bildet sie fast in gerader Richtung die Gränze des oberirdischen Laufes der vier ersten jener Bäche. Die *Afte*, welche im Quadersandstein und im flötzleeren Sandsteine (Kohlensandstein) entspringt, versinkt nur theilweise, indem sie der *Alme* immer noch Wasser zuführt. Die *Alme*, der beträchtlichste unter diesen Flüssen, welche im Bergkalke des Uebergangsgebirges entspringt, verliert von ihrem Eintritte in das Kreidemergelgebirge bis beinahe zu ihrer Mündung in die *Lippe* einen grofsen Theil ihres Wassers, und in trocknen Jahren versiegt sie auch ganz.

Die Linie des Wiederhervorkommens aller dieser in das Kreidemergelgebirge sinkenden Wasser läuft am Fufse des Bergrückens des *Teutoburger Waldes* und der *Haar* von *Lippspring* nach *Paderborn*, *Elsen*, *Salzkotten*, *Gesecke*, *Erwitte* u. s. w.

---

[1]) Vergl. hierüber den Durchschnitt I. Aufl. Bd. I. S. 13.

Zu *Lippspring* entspringen die sehr mächtigen Quellen des *Jordans* und besonders der *Lippe*. Jener kommt aus drei, sehr nahe an einander gelegenen Klüften des anstehenden Kreidemergels mit grofser Schnelligkeit und Ergiebigkeit hervor. Diese entspringt aus einer trichterförmigen Vertiefung, und bildet einen ungefähr 100 Fufs langen und 70 Fufs breiten Deich, aus dem so viel Wasser abfliefst, dafs damit eine unmittelbar anstofsende Mühle mit drei Mahlgängen betrieben werden kann, und aufserdem durch die Freischütze fast eben so viel Wasser abläuft.

Am merkwürdigsten zeigt sich das Hervorquellen sehr bedeutender Wassermassen zu *Paderborn*. Die Zahl der in dem untern Theile der Stadt entspringenden Quellen soll 130 betragen, wovon stets mehrere in gedrängtem Raume, oft nur 1 bis 2 Schritte von einander entfernt, zu Tage kommen und sogleich ansehnliche Bäche bilden, die in ihrer Vereinigung die *Pader*, einen ansehnlichen Flufs, ausmachen. Um sich einen Begriff von diesen Wassermassen zu machen, reicht es hin zu bemerken, dafs die verschiedenen Arme der *Pader* nicht weniger als 14 unterschlächtige Wasserräder der Stadtmühlen neben einander in Bewegung setzen.

Diese sämmtlichen Quellen kommen in einer Strecke von Ost nach West hervor, und die am weitesten gegen Ost entspringenden haben die niedrigste Temperatur, welche aber ziemlich regelmäfsig gegen West zunimmt, und in den am meisten gegen West gelegenen ihr Maximum erreicht. Ich habe die Temperatur von 60 dieser Quellen in den Jahren 1833, 1834 und 1836 zu verschiedenen Zeiten bestimmt, und werde auf die daraus sich ergebenden Resultate unten (Seite 237) wieder zurückkommen.

Wenn ein Gebirge so bedeutend zerklüftet ist, wie das Kreidemergel- und Quadersandstein-Gebirge, so ist natürlich, dafs es auf ihm keine Brunnen geben kann, welche ihr Wasser von Meteorwassern erhalten. Ebenso wenig können sich auf einem solchen Gebirge Quellen finden. Diese Erscheinungen zeigen sich sehr auffallend auf dem Gebirgs-Rücken, den man von *Paderborn* auf der Strafse nach *Hessen-Cassel* übersteigt. Auf diesem ganzen Rücken findet man fast gar keine, oder doch nur einige wenige sehr

sparsam fliefsende Quellen, welche wahrscheinlich partiellen wasserdichten Schichten in dem Kreidemergel ihre Entstehung verdanken. In drei Dörfern, die auf diesem Rücken liegen (*Busche, Egeringhausen* und *Dornhagen*), findet sich nur ein einziger 80 Fufs tiefer Brunnen, der ohne Zweifel einer solchen wasserdichten Schicht seine Entstehung verdankt. Bei trockner Jahreszeit versiegt er aber leicht. Wegen dieses fast gänzlichen Wassermangels heifsen diese Dörfer die trocknen Dörfer.

Selbst in den Thälern, die das dortige zerklüftete Kreidemergelgebirge durchschneiden, und zwar ganz nahe an dem Ufer der Bäche können keine Senkbrunnen gegraben werden. So hat man in dem vorhin genannten Orte *Dahle* in der Nähe des *Ellerbach* einen Brunnen graben wollen. Schon in 4 Fufs Tiefe kam man auf eine 15—16 Fufs mächtige Mergelschicht, aber unter ihr fand sich wieder zerklüfteter Kreidemergel. Die Hoffnung, Wasser zu erhalten, wurde daher aufgegeben. Zu *Ettelen* an der *Altona*, welcher Bach nur in gewöhnlich trocknen Jahren versiegt, giebt es zwar Brunnen, ihr Wasser steht aber 10—20 Fufs unter der Bachsohle. Dieses zeigt klar, dafs zur trocknen Jahreszeit das Wasser des Baches über dem Niveau des allgemeinen Wasserreservoirs im Kreidemergelgebirge steht.

Der höchste Punkt dieses Rückens liegt über *Paderborn* 826 Fufs, und 420 Fufs über dem Thale bei *Grundsteinheim* wo die Wasser der *Aa*, und der *Sauer* sich vereinigen. Ein 826 Fufs tiefer Senkbrunnen würde ganz sicher auf Wasser führen. Würde er nur bis zu einer Tiefe von 420 Fufs abgeteuft, so würde man zwar in der nassen Jahreszeit auf Wasser kommen, nicht aber in der trocknen; denn in der letzteren stehen die Grundwasser bedeutend unter dem Wasserspiegel des Baches.

Bei weitem das meiste Meteorwasser, welches auf diesem Rücken niedergeht, sinkt durch die Klüfte in den Kreidemergel bis zu den in der Tiefe befindlichen Grundwassern, und vermehrt die Menge des durch die versunkenen Bäche gelieferten Wassers. Daher müssen die am Fufse dieses Rückens hervorkommenden Gewässer, insbesondere zur nassen Jahreszeit noch bedeutender sein, als

diejenigen, welche aus dem Quadersandsteine hervorkommen und sich in dem Kreidemergel verlieren.

In zerklüfteten Gebirgen zeigt sich nicht selten die Erscheinung der periodischen Quellen, welche ausfliefsen, wenn die Wasser in den Klüften hoch stehen, aber aufhören zu fliefsen, wenn dieser Wasserstand sinkt. Communiciren solche Quellenausflüsse mit einem vorbeifliefsenden Bache, so zeigt sich die auffallende Erscheinung, dafs im ersteren Falle das Wasser in den Bach abfliefst; während in letzterem Falle das Bachwasser in die trockene Quelle fliefst und versinkt[1]).

In sehr zerklüftete Gebirge dringt der gröfste Theil der Regen- und Schneewasser ein, und nur wenig fliefst auf der Oberfläche ab; in wenig zerklüftete dringt dagegen weniger Wasser ein und mehr fliefst oberflächlich ab. Je mehr aber Gewässer eindringen, desto mehr führen sie Bestandtheile mechanisch und chemisch fort.

Unter den Gesteinen, welche grofse Gebirge bilden, sind es die Kalksteine, welche in gröfster Menge vom Wasser aufgelöst werden. Auch mechanisch wird aus ihnen durch Gewässer viel fortgeführt, wie das starke Trübwerden der Flüsse im Kalkgebirge und mancher Quellen, welche aus demselben kommen, nach heftigem Regen zeigt. Daher finden sich auch im Kalkgebirge die meisten und gröfsten Erdfälle und Höhlen. Erstere, trichterförmige Vertiefungen, fand ich in reichlicher Menge auf der Hochebene des *Teutoburger Waldes* und der *Haar*, so wie auf der *Gemmi* in der *Schweiz*. Sehr zahlreich kommen sie auch im Kalkgebirge des Herzogthum *Krain*[2]), und im nördlichsten Theile der Kreideformation von *Dänemark* vor[3]).

Es ist nicht zu bezweifeln, dafs sich mit der Zeit die Höhlen in dem zerklüfteten Kalkgebirge immer mehr austiefen werden, in Folge der bedeutenden, theils chemischen, theils auch mechanischen Fortführung des kohlensauren Kalkes (siehe unten von den Erdfällen). Dieses Austiefen

---

[1]) Erste Auflage Bd. I. S. 18.

[2]) Interessante Bemerkungen hierüber theilte v. Gansauge mit Poggendorff's Ann. Bd. LI. S. 291.

[3]) Forchhammer in Poggendorff's Ann. Bd. LVIII. S. 611.

wird nach und nach ein Sinken des mittleren Niveau's der unterirdischen Wassersammlung herbeiführen.

Im Kreidermergelgebirge des *Teutoburger Waldes* zeigen sich mehrere Erscheinungen, welche darthun, wie bedeutend dieses Sinken seit den frühesten Zeiten zugenommen hat. So finden sich zwischen *Lichtenau* und *Grundsteinheim*, an den Bergabhängen Spaltenöffnungen, welche an der Decke sich gewölbartig schliefsen. Höchst wahrscheinlich sind sie Quellen-Mündungen, aus welchen zur Zeit, als das Niveau der unterirdischen Wassersammlung einen höhern Stand hatte, periodische Quellen ausflossen. Nachdem dieser Stand nach und nach bis zu seinem gegenwärtigen gesunken ist, fliefst aus diesen Oeffnungen, selbst zur nassen Jahreszeit, kein Wasser mehr aus. Mit dem Austiefen der Höhlenräume hält natürlich das Austiefen der Flufsbette nahe gleichen Schritt.

Aus der Menge des Wassers, welches die Flüsse aus dem *Teutoburger Walde* und der *Haar* fortführen und aus ihrem Gehalte an kohlensaurem Kalk habe ich berechnet, dafs dadurch diesen Gebirgen bei weitem mehr als ein Würfel von 100 Fufs Seite kohlensauren Kalks jährlich entzogen wird. Einer der gröfsten der dortigen Erdfälle bildet einen umgekehrten Kegel von ungefähr 150 Fufs Durchmesser und 25 Fufs Tiefe. Ein solcher Kalkkegel wird nur allein von den Paderquellen in ungefähr 67 Tagen in Auflösung fortgeführt.

Höhlen von gröfserer oder geringerer Ausdehnung in dem Kreidemergel-Gebirge des *Teutoburger Waldes* sind gewifs keine seltene Erscheinung. Meines Wissens hat man indefs bis jetzt nur eine solche Höhle entdeckt. Diese Entdeckung verdankt man Herrn Glidt, einem meiner ehemaligen Zuhörer, der sich überhaupt um die Erforschung der dortigen geognostischen Verhältnisse sehr verdient machte, und dem ich manche interessante Mittheilungen hierüber verdanke.

Diese Höhle findet sich oberhalb *Grundsteinheim* am Bergabhange, nicht weit vom rechten Ufer der *Sauer*, die zur trocknen Jahreszeit noch oberhalb dieser Höhle gänzlich versinkt. Sie zieht sich in einer Länge von ungefähr 300 Fufs fast parallel mit dem Bachbette fort. In ihr ver-

einigen sich die Spalten, in welche die Wasser versinken, und sie nimmt an verschiedenen Stellen das Wasser der *Sauer* auf. Von ihrem Eingange zieht sich in der Richtung nach *Paderborn* ein Hauptgang, in welchem sich die parallel mit dem Bachbette laufenden Seitengänge unter spitzen Winkeln vereinigen. Diese Seitengänge scheinen dem Hauptgange ihr Wasser zuzuführen. Der senkrechte Eingang in die Höhle befindet sich ungefähr 28 Fufs über der Thalsohle. Die Sohle der Höhle liegt einige Fufs unter der Thalsohle; die Wasser der *Sauer* können daher leicht von ihr aufgenommen werden, wenn zur nassen Jahreszeit ihr Wasserspiegel hoch steht. Der Hauptgang hat eine Länge von 50 Fufs, erweitert sich allmälig bis zu 15—20 Fufs, und schliefst sich durch eine runde Erweiterung von ungefähr 30 Fufs Durchmesser. Seine Höhe ist zwischen 15 und 20 Fufs. In dem Gewölbe dieses Ganges sind senkrechte Spalten von 7—8 Fufs Weite, die sich bis 50 Fufs in die Höhe ziehen, und sich auskeilen. Sie führen Wasser herunter, und Tropfsteine finden sich im Gewölbe. Am nordwestlichen Ende dieses Hauptganges, d. i. in der Richtung nach *Paderborn,* zieht sich von oben eine Spalte herab, die ungefähr 12 Fufs über der Höhlensohle mündet. An diese Mündung hat sich eine Lehmbank gelagert, welches beweist, dafs die Wasser aus der *Sauer* in die Höhle, in der Richtung nach *Paderborn,* abfliefsen und an dieser Stelle ihre Trübigkeiten abgelagert haben. Die Höhle kann nur zur trocknen Jahreszeit, wenn der allgemeine Wasserstand der unterirdischen Wassersammlung unter der Höhlensohle steht, besucht werden. Dann hört man auch das Wasser in der Tiefe rauschen. Zur nassen Jahreszeit wird Wasser aus der Tiefe hervorquellen, und die Höhle wird überhaupt die Erscheinung der periodischen Quellen zeigen, wovon oben die Rede war.

Ohne Zweifel haben die Wasser der *Sauer* diese Höhle durch Auswaschung nach und nach gebildet. In dem Verhältnisse, als die *Sauer* nach und nach ihr Bachbett austiefte, wird sie auch die Höhle ausgetieft haben. Die relativ tiefere Lage der Höhlensohle gegen die Bachsohle deutet an, wie tief die Wasser des Baches unter sein Bett durch die Klüfte einsinken.

Bei genaueren Nachforschungen würde man wahrscheinlich in mehreren Thälern, wo zur trocknen Jahreszeit die Wasser der Flüsse versinken, solche Höhlen finden; denn da, wo die Klüfte dem Hauptstofse der eindringenden Wasser ausgesetzt sind, werden die bedeutendsten Auswaschungen und Höhlenbildungen erfolgen. Sind die Wasser mit Kalk gesättigt, so können sie wenigstens auf ihrem weiteren Wege keinen Kalk mehr auflösen und auf diese Weise keine Höhlen-Bildungen mehr veranlassen.

Auf der Höhe des Gebirges findet sich in der Richtung nach *Paderborn* eine Reihe von Erdfällen. In derselben Richtung scheint sich auch jene Höhle fortzuziehen und so den Zusammenhang zwischen Erdfällen und Höhlen anzudeuten.

In dem nördlichsten Theile der Kreideformation von *Dänemark* kommen nach Forchhammer [1]) unzählige Erdfälle vor, und der im Bezirke derselben gelegene *Norrsee* wurde vor einigen Jahren durch einen in seinem Grunde entstandenen Erdfall vollkommen ausgeleert, ohne dafs man den unterirdischen Abflufs des Wassers verfolgen konnte. Die ganze Gegend mufs von unterirdischen Kanälen durchzogen sein; denn die Landleute leiten die Abzugsgräben ihrer Felder in die trichterförmigen Vertiefungen der Erdfälle, worin das Wasser selbst nach Wolkenbrüchen und dem plötzlichen Thau des Frühlings sogleich verschwindet.

Auf der Insel *Oesel* in der *Ostsee* finden sich nach Eichwald's Beschreibung [2]) viele Erdlöcher, womit das Verschwinden der Flüsse von der Erdoberfläche und ihr unterirdischer Lauf verknüpft ist. So verliert sich ein aus dem See *Ochtias* kommender Flufs in ein Erdloch. Die Ufer desselben bestehen meist aus einem dolomitischen Kalkstein, dessen Schichten ursprünglich horizontal lagen, aber durch das Wegwaschen der unterliegenden Lehmschichten vom unterirdisch fliefsenden Wasser zusammenstürzten und dadurch geneigte Schichten-Stellungen annahmen. Der unterirdische Lauf des Flusses beträgt ungefähr 3 Werst; unfern

[1]) Poggendorff's Ann. Bd. LVIII. S. 611.
[2]) Bull. de la Soc. impér. des Naturalistes de Moscou. 1854. T. XXVII. p. 73 etc.

der Meeresküste kömmt er mit starkem Strome wieder an die Oberfläche. Eines der gröfsten Erdlöcher liegt etwa 6 Werst vom Meeresufer entfernt in einem von kleinen Thälern durchschnittenen Lande, welche zur Zeit des Schneeschmelzens ganz unter Wasser gesetzt sind, während zur Sommerzeit das Wasser nur in den Trichtern oder Erdlöchern, die oft 30 und mehrere Fufs tief sind, steht. Ueberall liegen in diesen breiten Erdlöchern Blöcke von Dolomitkalkstein, zwischen dessen Schichten sich grofse Lehmschichten finden, welche von den Gewässern weggewaschen werden. Dadurch stürzen die Kalksteinschichten ein, wodurch die so häufigen Erdfälle entstehen. Die ganze Umgegend ist offenbar eingesunken.

Zu *Stybarron Crag* am *Ullswater See* [1]) rifs sich unlängst eine ganze Felsmasse plötzlich vom Gebirge los und rollte mit Krachen in den See. Kein Erdstofs war vorhergegangen, die enorme losgerissene Masse drohte schon seit einiger Zeit augenscheinlich mit ihrem Falle. Ein solches Abrutschen der Schichten in einer grofsen Ausdehnung ist an diesem Orte nichts neues; es scheint schon seit undenklichen Zeiten stattgefunden zu haben. So soll im Jahr 1681 ein Reisender, welcher dort ruhte und halb eingeschlafen war, durch eine plötzliche Bewegung des Bodens in den See geworfen worden sein. Im Jahr 1688 hatte ein Cavalier durch ein plötzliches Herabrutschen der Schichten dasselbe Schicksal.

Das Gebirge besteht aus Kalk, ist sehr compact und zeigt in seiner Masse keine bewegliche Schicht. Das Wasser des See's scheint daher nicht eine solche Schicht zu unterminiren, wodurch die oberen Schichten zum Abrutschen kommen könnten. Der Bericht spricht nicht von Quellen, wodurch diese Erscheinung veranlafst worden sein könnte; sondern glaubt auf irgend eines der unterirdischen Agentien Bezug nehmen zu müssen, die sich auf so verschiedene Weise auf der Erdoberfläche äufsern. Ehe man indefs zu solchen in der Tiefe liegenden Wirkungen Zuflucht nimmt, möchte es rathsam sein, zu untersuchen, ob

[1]) L'Institut No. 523, 3. Janv. 1844 aus dem englischem mining Journal.

nicht vielleicht Quellen, welche den Kalk allmälig auswaschen, die Erscheinung verursachen. Es kann wenigstens gedacht werden, dafs in geneigt liegenden Kalkschichten durch auswaschende Quellen Abrutschungen entstehen, auf ähnliche Weise wie im geschlossenen Gebirge Erdfälle sich zeigen.

Auch in anderen zerklüfteten Kalkgebirgen trifft man mehr oder weniger ergiebige Quellen an. So z. B. im *Vallorbe*-Thal, im *Jura*, die schöne Quelle der *Orbe*, die am Fuſse eines steilen Felsens, welcher das Thal in Form eines Circus begränzt, entspringt, und sich in den *Neufchateler*-See ergieſst. Diese Quelle ist so ergiebig, daſs sie 20 Minuten von ihrem Ursprunge mehrere Mühlen treibt [1]).

In einem groſsen Landstriche in *Jamaica*, der aus einem weiſsen dichten Kalksteine besteht, wird sogleich alles Wasser, das bei den dortigen heftigen tropischen Regen niederfällt, von unzähligen Löchern und Höhlen aufgenommen, die im unterirdischen Zusammenhange stehen, so daſs man auf bedeutenden Strecken keine eigentliche Quelle sieht, während hier und da, mitten aus dem Gesteine ein kleiner Fluſs hervorströmt.

Zwei Bäche bei *Görz* im Kalkgebirge, die nach Regengüssen sehr stark anschwellen, stürzen sich in der Mitte des Thales in tief in die Erde dringende Löcher und Höhlen. Es ist sehr wahrscheinlich, daſs diese Gewässer am südlichen Abhange des *Monte Santo* als Quellen aus dem Kalkspath wieder zu Tage treten, denn im Bette des *Isonzo*, wenn er nach dem Regen trübe ist, sieht man sehr gut starke Quellen viel klaren Wassers aufsprudeln [2]).

Obwohl die versinkenden Bäche vorzugsweise dem Kalkgebirge eigenthümlich sind, so zeigt sich doch diese Erscheinung auch in andern Formationen. So beschreibt von Klipstein [3]) einen in der Grauwacke versinkenden Bach, den *Klausborn*, der an einer tiefern Stelle wohl um das dreifache verstärkt aus einer Spalte wieder hervorkommt.

---

[1]) v. Charpentier, Essai sur les glaciers etc. *Lausanne* 1841 p. 279.

[2]) Kaiser in den Berichten über die Mittheilungen von Freunden der Naturwissenschaften in *Wien* Bd. VI. S. 18.

[3]) Geognostische Darstellung des Groſsherzogthums *Hessen* 1852. S. 253.

Die bedeutenden Quantitäten kohlensauren Kalkes, welche die Flüsse in der Gegend von *Paderborn* dem Kalkgebirge entziehen, reichen zur Erklärung der schon entstandenen und täglich noch entstehenden Erdfälle vollkommen hin.

Die erste Veranlassung zur Entstehung dieser Erdfälle ist ohne Zweifel in den Höhlen am Kalkgebirge zu suchen. Zur nassen Jahreszeit füllen sich diese Höhlen ganz mit Wasser an, welches theils chemisch, theils mechanisch wirkend, den Einsturz des Gewölbes nach und nach herbeiführt. Daher sind die Erdfälle häufig die Folge lang anhaltenden Regens. Manchmal werden sie jedoch wieder zugeschlämmt.

Der Umstand, dafs die versinkenden Flüsse im zerklüfteten Gebirge eine veränderliche Temperatur haben, während die Quellen, welche davon herrühren, eine constante oder doch nur sehr wenig veränderliche Temperatur besitzen, läfst sich nur aus der Annahme bedeutender unterirdischer Wassersammlungen erklären. Es müssen also bedeutende mit Wasser erfüllte Höhlen und Klüfte im Kalkgebirge vorhanden sein. Ich habe berechnet, dafs diese eingeschlossenen Wassermassen im Gebirge des *Teutoburger Waldes* ungefähr gleich sein müssen einem 120 Fufs tiefen See.

Wird im zerklüfteten Gebirge Bergbau betrieben und fliefsen die Gewässer entweder durch Stollen ab, oder werden sie durch Pumpen gehoben: so wird dadurch oft im grofsen Umkreise Wasser den Quellen und Brunnen entzogen oder dieselben trocknen manchmal ganz aus.

C. Quellen, welche von hochgelegenen Seen herrühren.

Aus hoch gelegenen Seen, die bedeutende Zuflüsse, aber keine oberflächlichen Abflüsse haben, fliefsen die Gewässer unterirdisch ab, welches voraussetzt, dafs die Unterlage dieser Seen aus zerklüftetem Gesteine besteht. Ist dieses Gestein Kalkstein, so finden bedeutende Auswaschungen statt, daher die Bildung von Höhlen und Erdfällen.

Solche Verhältnisse finden sich sehr auffallend auf der *Gemmi*. Ungefähr 7000 Fufs über dem Meere liegt der mehr als $^1/_4$ Meile lange *Daubensee*, an welchem ich nirgends einen sichtbaren Abflufs habe finden können, obgleich sich der bedeutende Gletscherstrom aus dem grofsen *Lammern-*

Gletscher in ihn ergiefst, und alle Regen- und Schneewasser der umliegenden hohen Gebirge von ihm ebenfalls aufgenommen werden. Ungefähr 1200 Fufs tiefer, auf der *Spital-Matte*, zwischen *Kanderstäg* und der *Gemmi*, fand ich aber weit mehr als 50 ergiebige Quellen, welche in ihrer Vereinigung einen nicht unbedeutenden Bach bilden. Es ist sehr wahrscheinlich, dafs diese Quellen vom *Daubensee* herrühren; denn die ganze *Gemmi* besteht aus sehr zerklüftetem Kalksteine und also auch das Bett des *Daubensee's*. Die regellos auf einander gelagerten Kalkblöcke, aus denen diese Quellen kommen, lassen auf bedeutende Auswaschungen schliefsen.

Ein in den Pyrenäen 8166 Fufs über dem Meere gelegener See, der *Lac Glacé d'Oo* im Thale *Larboust*, gibt ebenfalls einer starken Quelle Ursprung [1]). Die wasserreiche Quelle der *Orbe* im *Vallorbe*-Thal im *Jura* rührt ebenso von einem höher gelegenen See her [2]).

D. Quellen, welche durch Schmelzen des Eises und Schnee's der Gletscher entstehen.

Besteht die Unterlage des Gletschers aus einer Gebirgsart, welche das Wasser durchläfst, z. B. aus zerklüftetem Kalk: so sinken die Gewässer in diese Klüfte, nehmen einen unterirdischen Lauf, und kommen an verschiedenen Stellen unterhalb des Gletschers als Quellen zum Vorschein. Daher findet man häufig in den Thälern unterhalb der Gletscher zahlreiche und bedeutende Quellen.

Rühren diese Quellen einzig und allein von dem Eise her, welches auf der Oberfläche des Gletschers in der warmen Jahreszeit schmilzt: so fliefsen sie nur so lange, als dieses Schmelzen dauert und versiegen im Winter. Auf diese Weise bilden sich periodische Quellen. Haben diese Quellen aber noch andere Zuflüsse, welche während des Winters fortdauern, so fliefsen sie auch in dieser Jahreszeit, wenn gleich in verringerter Quantität.

Berücksichtigt man die bedeutenden Wassermassen, welche die Gletscherströme fortführen: so begreift man, welche beträchtliche Auswaschungen in der Unterlage der

[1]) v. Charpentier Essai sur les glaciers. *Lausanne* 1841. p. 93.
[2]) Ebend. p. 279.

Gletscher, und so weit, als die Gewässer unterirdisch fortfliefsen, stattfinden müssen.

Das Alpengebirge bietet unzählige Beispiele von Quellen dar, die ihren Ursprung den Gletschern verdanken. So fand ich unter andern unmittelbar am nördlichen Abhange des 77 Fufs hohen Schutthügels *(Gandecke)* am *obern Grindelwald-Gletscher* in der *Schweiz*, ganz nahe am *Bergelbache* vier starke Quellen, welche, da sie 40 Fufs tiefer liegen, als das untere Ende des Gletschers, und die niedere Temperatur von $2^0,4$ bis $2^0,7$ R. haben, ohne Zweifel von Gletscherwasser, das an höheren Punkten unter dem Gletscher in Spalten dringt, herrühren. So rühren wahrscheinlich auch die zahlreichen Quellen, welche am Fufse des *Eigers* bei *Grindelwald* entspringen, von dem *untern Grindelwald-Gletscher* oder von andern benachbarten Gletschern her.

Als Beispiel einer periodischen Quelle in der *Schweiz* führe ich den sogenannten *Liebfrauen-Brunnen*, eine schon von Ebel erwähnte, 200 Schritte von den berühmten *Leucker* Bädern entfernte, eiskalte Quelle an. Von dieser Quelle erzählte mir mein Führer, (als ich im Jahr 1835 jenen Theil der *Schweiz* bereiste,) ein sehr unterrichteter Gemsenjäger, dafs sie im Frühjahr, wenn von dem *Lötsch*-Gletscher über einen Felsen, den er mir zeigte, Wasser herabstürzt, nach drei Tagen aus fünf ganz nahe an einander gelegenen Ausflüssen hervorkommt und so stark, dafs das Wasser eine Mühle treiben könnte. In der Regel geschieht dies im Juni, hängt jedoch von dem früheren oder späteren Eintritte des Sommers ab. Diese Quellen fliefsen auch um so stärker, je wärmer der Sommer ist. Hört das Wasser auf über jenen Felsen zu stürzen, so verschwinden nach drei Tagen die Quellen, und dies geschieht in der Regel Ende August oder Anfang September.

Während meiner Anwesenheit im *Leuckerbad*, am 3. und 4. September, flofs die Quelle nur noch aus einem Ausflusse, und man sagte mir, dafs erst seit wenigen Tagen die übrigen Adern zu fliefsen aufgehört hätten. Am 5. September sah ich auch, von dem *Gemmi-Pafs* aus, kein Wasser mehr von dem erwähnten Felsen herabstürzen.

Es ist wohl kaum zu bezweifeln, dafs diese periodische Quelle von dem *Lötsch*-Gletscher herrührt. Stürzt nämlich

während des Sommers das Wasser über jenen Felsen herab, so ist es ein Zeichen, dafs der Gletscher auf seiner Oberfläche abschmilzt. Ein Theil dieses Wassers mag daher in die zerklüftete Unterlage des Gletschers einsinken und in unterirdischen Kanälen bis zu jener Stelle fliefsen, wo der *Liebfrauen*-Brunnen entspringt. Stürzt hingegen während der kalten Jahreszeit kein Wasser mehr über jenen Felsen herab, so hat der Gletscher aufgehört abzuschmelzen, und es ist daher eine natürliche Folge, dafs nach einigen Tagen, wenn sich die Quellen-Kanäle entleert haben, kein Wasser aus dem Brunnen mehr ausfliefst. Die niedrige Temperatur dieser Quelle (4°,2) beweist ebenfalls, dafs sie wahrscheinlich von einem Gletscher herrührt.

E. Gebirgsquellen.

Die gröfsere oder geringere Zahl von Quellen, welche an Abhängen oder am Fufse der Gebirge hervorkommen, ihr gröfserer oder geringerer Wasserreichthum zeigen die gröfsere oder geringere Wasserdurchdringbarkeit der Gesteine. Diese Quellen heifsen Gebirgsquellen. Ihre Bestandtheile weisen nach, welche Bestandtheile den Gesteinen entzogen werden.

Je weniger wasserdurchlassend die Gesteine sind, desto langsamer filtriren die Meteorwasser durch dieselben. Diese Verhältnisse nimmt man am deutlichsten beim Bergbau wahr [1]). Verhindern nicht wasserdichte Schichten das Niedergehen der Gewässer: so sieht man sie überall in den Gruben theils aus dem Gesteine herabtröpfeln, theils aus Klüften herabträufeln. Diese Gewässer häufen sich so sehr an, dafs sie ununterbrochen fort herausgepumpt werden müssen.

Dafs auf dem Gipfel eines Berges keine Quellen vorkommen können, es sei denn, dafs es aufsteigende wären, die durch den hydrostatischen Druck einer höheren Wassersäule emporsteigen, wie in dem Folgenden gezeigt wird, ist von selbst klar. Die früheren Angaben von solchen auf Bergen entspringenden Quellen, welche gegen den Ursprung aus Meteorwassern zeugen sollten, haben sich übrigens meist

---

[1]) Zinken (Poggendorff's Ann. Bd. LXXVIII. S. 280) hat einige aphoristische Bemerkungen mitgetheilt.

als irrig erwiesen. So zeigte Arago[1]), dafs eine Quelle auf dem *Mont Ventoux,* von der behauptet wurde, sie läge auf der Spitze dieses Berges, noch 600 Fufs unter derselben entspringe, und ebenso, dafs eine ehemals auf dem *Mont Martre* bei *Paris,* 48 Fufs unterhalb des Gipfels dieses kleinen Berges, vorhandene Quelle noch eine Bergfläche über sich habe, welche, gemäfs der dort auf eine solche Fläche fallenden Regenmenge, hinreichend sei, diese kleine Quelle mit Meteorwasser zu versehen. Vermuthlich hat es eine ähnliche Bewandtnifs mit der Quelle, welche in *Asturien* auf dem Gipfel des *Pic* von *Sarrontina* entspringt, wenn sie nicht, nach der Vermuthung von Bory de St. Vincent, der kurze Arm einer communicirenden Röhre ist, deren längerer an den Abhängen der sehr weit gegen Osten liegenden, mit ewigem Schnee bedeckten Gebirge zu suchen ist[2]).

Senkbrunnen sind natürlich, wie gezeigt worden ist, selbst auf dem Gipfel der Berge möglich, wenn der Boden oder das Gestein wasserdurchlassend ist. Selbst in einem dem Anscheine nach sehr dichten Gesteine, wie im Basalt, können solche Senkbrunnen abgeteuft werden. So findet sich auf dem Rücken des basaltischen *Petersberges* im *Siebengebirge* ein Senkbrunnen. Da der Rücken dieses Berges flach und ziemlich ausgedehnt ist: so tropft eine hinlängliche Menge der Meteorwasser durch die Zwischenräume der Basaltsäulen herab, um in dem abgeteuften Schachte eine Wassersammlung bilden zu können. Hierbei ist es allerdings auffallend, dafs sich dieses Wasser nicht durch dieselben Zwischenräume unter dem Gesenke des Brunnens herabzieht. Wahrscheinlich sind diese Zwischenräume durch zersetzten Basalt verschlämmt, so dafs das Gesenke eine wasserdichte Unterlage bildet.

Wenn die Gebirgsquellen nicht tief in das Innere dringen und, sofern sie vor ihrem Ausflusse aufsteigen, doch nur aus geringer Tiefe kommen: so haben sie ein Kennzeichen, woran man sie leicht erkennen kann: sie sind nämlich kälter als benachbarte Brunnen. Kommen solche Quellen aus sehr bedeutenden Höhen, so sind sie nicht blos sehr kalt, sondern diese Kälte hält, wenn sie in verschie-

[1]) Annuaire 1834. p. 192.

[2]) Compt. rend. 1836. p. 376.

denen Höhen vorkommen, häufig in wenig verändertem Grade an. So fand von Buch[1]), dafs die Temperatur der Quellen auf *Teneriffa* sich bis über 4000 Fufs Höhe nicht sehr verändere, und dafs ebenso die Temperatur der Quellen am nördlichen Abhange von *Gran Canaria* bis 2000 Fuss Höhe 13°,5 sei.

Solche Gebirgsquellen finden sich überhaupt in krystallinischen Gebirgen sehr häufig, weil dieselben oft in mehr oder weniger senkrechte Säulen oder Platten zerspaltet sind, und durch diese Spalten die Meteorwasser sich herabziehen. Daher findet man sie so häufig am Fufse und manchmal nicht sehr weit unter dem Gipfel der Basalt-, Trachyt-, Porphyrberge u. s. w. Ebenso kommen nicht selten auf der Grenze zwischen geschichteten und ungeschichteten Gebirgen solche Gebirgsquellen vor.

F. Quellen, welche aus der Tiefe aufsteigen.

Diese Quellen gehören zu den merkwürdigsten, nicht allein weil die Ursache ihres Aufsteigens so lange ein Räthsel geblieben, und erst in neuerer Zeit erkannt worden ist; sondern auch, weil sie mit erhöhter Temperatur und häufig mit viel mehr mineralischen Bestandtheilen, wie die übrigen Quellen beladen, zu Tage kommen.

Die aufsteigenden Quellen setzen einen Wechsel von wasserdichten und wasserdurchlassenden Schichten und eine geneigte Lage derselben voraus[2]). Die wasserdichten Schichten sind gleichsam als Röhren zu betrachten, welche die in den wasserdurchlassenden Schichten circulirenden Gewässer einschliefsen. Das Aufsteigen der Quellen erfolgt ganz nach den Gesetzen der Hydraulik[3]). Die drückenden Wassersäulen können sehr weit, meilenweit von dem Orte der aufsteigenden Quelle entfernt sein.

Dafs auch durch Bohrlöcher, wenn sie wasserhaltige Schichten, welche von wasserdichten eingeschlossen sind,

---

[1]) Poggendorff's Ann. Bd. XII. S. 409.

[2]) Cf. die Profilzeichnungen I. Aufl. B. I. S. 40 ff.

[3]) Dafs auch reichliche Kohlensäure-Entwickelungen aus den Quellen wie drückende Wassersäulen wirken können, davon wird in dem Kap. XIII ausführlich die Rede sein.

aufsteigende Quellen (artesische Brunnen) erhalten werden können, ist bekannt. Beispiele von mehreren über einander liegenden wasserdurchlassenden Schichten liefern verschiedene artesische Brunnen. So stiefs man zu *Bruck* bei *Erlangen* auf drei Wasserbehälter in 161, 370 und 442 Fufs Tiefe [1]), zu *St. Ouen* auf fünf, zu *Dieppe* auf sieben, zu *Dülmen* in *Westphalen* will man sogar, nach einem vorliegenden Bohr-Register, in einem Bohrloche von 383 Fufs Tiefe 13 Wasseradern getroffen haben. Vorzugsweise können die aufsteigenden Quellen nur im sedimentären Gebirge vorkommen, doch gibt es auch Beispiele von solchen Quellen in krystallinischen Gesteinen. Sehr häufig erscheinen sie auf der Grenze zwischen sedimentären und krystallinischen Gesteinen [2]).

So zeigt Pallasou [3]), dafs nicht nur die vorzüglichsten der heifsen Quellen in den *Pyrenäen* im Gebiete des grofsen Granit-Bezirks an der östlichen Seite hervorkommen, sondern dafs auch alle die anderen nur in Schluchten des jüngeren Gebirges austreten, in welchen der Granit an der Basis der Abhänge aus der Tiefe hervortaucht. Er zeigt ferner, dafs sich selbst die Höhe der Temperatur dieser Quellen nach der verschiedenen Offenheit des Ursprungs richtet, indem die der Haupt-Granitmasse näher liegenden Thermen wärmer, die ihr am fernsten liegenden kälter seien.

Forbes [4]) hat gleichfalls gezeigt, dafs in den französischen Departementen der *Arriège* und der östlichen *Pyrenäen*, wo der Granit vorwaltet, die Quellen fast durchgängig auf der Grenze zwischen dem Granit und dem geschichteten Gebirge hervorkommen. Sehr häufig entspringen einige von ihnen im Granit, andere aus dem Schiefer oder Kalk, welche in Contact mit jenen sind.

Nach den Beobachtungen mehrerer Geologen erstrecken sich in den *Pyrenäen* die tertiären Formationen horizontal bis zum Fufse derselben, ohne, wie die Kreide, in die Zusammensetzung eines Theiles ihrer Masse einzu-

---

[1]) Kastner's Archiv XXVI. 276.
[2]) Forbes in Philos. Transact. T. II. for 1836. p. 575.
[3]) Mém. pour servir à l'hist. natur. des *Pyrénées* 1815. p. 435. 459.
[4]) Philos. Transact. T. II. for 1836. p. 575.

treten. Elie de Beaumont folgert daraus, dafs die *Pyrenäen* ihre gegenwärtige Stellung in Bezug auf die benachbarten Theile der Erdoberfläche erhalten haben zwischen der Periode der Ablagerung des Grünsandes und der Kreide (einer Formation, deren aufgerichtete Schichten, nach Dufrenoy's Beobachtungen, bis zum Kamme dieses Gebirges hinaufgehen) und vor der Ablagerung der tertiären Schichten verschiedenen Alters [1]). Dies ist denn auch die Periode, in welcher die aufsteigenden Quellen in den *Pyrenäen* ihren Anfang genommen haben, und es erklärt sich, warum die Quellen in den *Pyrenäen* zwischen dem Granit und den aufgerichteten Schichten des Schiefers und der Kreide hervorkommen.

Der von Pallasou hervorgehobene Umstand, dafs die Temperatur der Quellen mit der Entfernung von der Haupt-Granitmasse abnimmt, dürfte vielleicht von geringerer Bedeutung sein, da nach den Beobachtungen von Forbes kalte Schwefelquellen nicht sehr weit von anderen, welche eine hohe Temperatur und eine fast identische chemische Zusammensetzung mit jenen haben, entspringen. Auffallende Beispiele dieser Art, an sehr verschiedenen Stellen des Gebirges, bieten die *Eaux Bonnes* und die Schwefelquellen zu *Las Escaldas* auf dem südlichen Abhange der östlichen *Pyrenäen* dar.

Berücksichtigt man, dafs der unterirdische Lauf der Quellen durch Hebungen, Aufrichtung der Schichten und durch neuere Ablagerungen auf die Köpfe der aufgerichteten Schichten sehr bedeutend modificirt wird: so kann es nicht auffallen, wenn Quellen, welche in sehr verschiedenen Tiefen entspringen, oft ganz nahe aneinander und mit sehr ungleichen Temperaturen hervorkommen; während andere, welche aus nahe gleichen Tiefen aufsteigen, oft sehr weit von einander entfernt zu Tage kommen.

Ueber die Thermen in den *penninischen Alpen* bemerkt Rob. Bakewell [2]), dafs, nach seinen Beobachtungen, die Austrittsorte aller theils im krystallinischen Gebirge der Centralkette selbst, theils, und zwar am häufigsten, am Rande

---

[1]) Poggendorff's Ann. Bd. XXV. S. 26. 58.

[2]) Philos. Magaz. January 1828. p. 14—59.

derselben, an der Grenze der ungeschichteten und geschichteten Formationen liegen.

Die Frequenz der aufsteigenden Quellen an manchen Punkten der *Alpen* erklärt sich sehr einfach, wenn, nach den Untersuchungen de Beaumont's, die zwei Systeme der *Alpen*, das der *Westalpen* und das der Hauptkette der *Alpen* von *Wallis* bis *Oestreich* unterschieden werden. Der *Montblanc* und ebenso *Leuck* mit seinen warmen Quellen liegt in der Kreuzung dieser beiden Systeme. Die Hebung und Aufrichtung der dem ersteren Systeme angehörigen Schichten fand nach der Ablagerung der jüngsten Tertiärformationen dieser Gegenden statt; die Aufrichtung der zum zweiten Systeme gehörigen Schichten zwischen der Ablagerung des älteren aufgeschwemmten Landes und dem Ergusse der Diluvialströme. In dem *Alpengebiete* können wir defshalb viele solcher Quellen erwarten, und vorzugsweise an denjenigen Punkten, wo sich zwei verschiedene Hebungssysteme kreuzen, und so das Innere dem Zutritte der Meteorwasser aufschlossen. Die Thermen in den *penninischen Alpen* finden sich auch theils in der Richtung der Hauptkette der *Alpen*, theils, und hier vorzugsweise, in den Kreuzungspunkten beider Systeme und in den *Westalpen* [1]). Ganz besonders bemerkenswerth ist es, dafs gerade in dem einen Kreuzungspunkte am *Montblanc* so viele, und in dem andern, zu *Leuck*, die wärmsten angetroffen werden. Uebrigens mögen wohl noch viele Thermen, theils in dem Bette der Gletscherströme, theils unter den Gletschern selbst vorkommen, theils verschüttet sein. So sind die meisten der angeführten Thermen erst seit Saussure's

---

[1]) Es ist gewifs nicht überflüssig, hier gerade auf die Temperatur mehrerer dieser Thermen Rücksicht zu nehmen, da ihre mehr oder weniger hohe Temperatur auf ihren mehr oder weniger tiefen Ursprung schliefsen läfst. *Naters* im obern *Wallis* 24°. *Leuck* 37° bis 41°. Im Thal von *Bagnes*, bei *Larey* südöstlich von *Bex* 36°. *Saute de Pucelle* zwischen *Mautiers* und *St. Maurice* im *Chamouni*, *St. Gervaise* am *Montblanc* 27°,5 bis 29°,3. *Courmayeur* und *St. Didier* am südlichen Abhange des *Montblanc* 27°. *Aix les Bains* in *Savoyen* 35°,5 bis 37°,7 mit zahlreichen heifsen Quellen in der Umgegend. *Moutiers* in der *Tarentaise*, *Brida* in *Tarentaise*, und endlich einige bei *Grenoble*.

Reisen, einige erst vor kurzem, die bei *Lavey* 1831 in dem Bette der *Rhone* entdeckt, andere wieder verschüttet worden.

Die Mineralquellen in der Umgegend von *Marienbad*, deren Zahl in einem Umfange von $^3/_4$ Stunden bis auf 123 steigt, ohne der zahlreichen Gasquellen zu gedenken, wo ein Wechsel von krystallinischen Gebirgsgesteinen zu Tage tritt, brechen auf einem Spalten-Systeme längs der Gränze des Granit mit dem Gneifse und Hornblendeschiefer an den tiefsten Thalpunkten hervor [1]).

Walchner [2]) zeigte, wie die zu *Baden, Rothenfels, Herrenalb, Wildbad* und *Liebenzell* vereinzelt am nördlichen Rande des *Schwarzwaldes* aus der grofsen Sandstein-Bildung hervortretenden Granitmassen, von West nach Ost auf beinahe gleicher geographischer Breite liegen, und wie das Aufsteigen warmer Quellen im Grunde der Thäler damit in Verbindung steht. In der Verlängerung jener Linie gegen Ost trifft man auf das Thal von *Stuttgart* und auf *Cannstadt* mit seinen zahlreichen 15—17° warmen Thermen.

Mehrere ungeschichtete Gebirge, wie Granit, Porphyr, Trachyt, Basalt zeigen eine prismatische oder säulenförmige Absonderung. Die dadurch gebildeten Spalten stehen meist mehr oder weniger senkrecht, und die Säulen sind bisweilen durch Querklüfte durchsetzt und gegliedert, welche mehr oder weniger horizontal laufen. Diese Querklüfte vertreten dann die Stelle der Schichtungsflächen. Unter solchen Umständen ist die Möglichkeit zu begreifen, wie auch in ungeschichteten Gebirgen aufsteigende Quellen vorkommen, und auch in ihnen artesische Brunnen erbohrt werden können.

So hat man zu *Aberdeen* in *Schottland* 180 Fufs unter Tage im Granit Wasser erbohrt, welches nach Robison von einer mit Sand und Kies erfüllten Spalte herrührt und 6 Fufs über den Boden steigt [3]). Gleichfalls hat man zu *Wildbad* in *Würtemberg* auf einem kleinen Raume fünf Bohrlöcher im Granit niedergetrieben, und nahe in einer

[1]) v. Warnsdorff im n. Jahrb. für Min. u. s. w. 1844. S. 409 ff.

[2]) Darstellung der geolog. Verhältn. der am Nordrande des *Schwarzwaldes* hervortretenden Mineralquellen u. s. w. 1843. S. 20 u. 26.

[3]) Compt rend. 1836. No. 24. p. 575. u II. No. 20. p. 583.

Tiefe von 60 Fufs Wasser von 29° und 30° erbohrt. Die Spalten, in welchen das Wasser aus der Tiefe aufsteigt, scheinen in einer schrägen Richtung aufwärts zu ziehen. Sie können defshalb leicht angebohrt werden, und das senkrechte Bohrloch leitet das Wasser auf dem kürzesten Wege an die Oberfläche [1]).

Fassen wir alles zusammen, so ergeben sich folgende Resultate:

1) aufsteigende Quellen sind nicht möglich, so lange die geschichteten Gebirge in ihrer ursprünglichen Horizontalität beharren;

2) sie entstehen aber, wenn durch Hebungen diese ursprüngliche Horizontalität gestört wird;

3) die günstigsten Punkte für das Hervorkommen der aufsteigenden Quellen finden sich an der Grenze zwischen den geschichteten und ungeschichteten Gebirgen;

4) je häufiger der Wechsel zwischen wasserdurchlassenden und wasserdichten Schichten ist, desto leichter können aufsteigende Quellen entstehen oder erbohrt werden;

5) aber auch selbst im Thonschiefergebirge, wo kein solcher Wechsel stattfindet, trifft man aufsteigende Quellen an, oder sie können darin erbohrt werden, wenn communicirende Spalten darin vorhanden sind;

6) in den ungeschichteten Gebirgen müssen aufsteigende Quellen als Seltenheiten betrachtet werden; die mehr oder weniger senkrechten Spalten in ihnen enthalten aber manchmal die drückenden Wassersäulen aufsteigender Quellen, welche aufserhalb dieser Gebirge zum Vorschein kommen.

Die aufsteigenden Quellen sind in der Regel viel wasserreicher als die Gebirgsquellen; denn sie kommen aus mehr oder weniger bedeutenden unterirdischen Wassersammlungen und steigen um so schneller auf, je höher ihre drückenden Wassersäulen sind. Begegnen sie in der Tiefe Strömen von Kohlensäuregas, so absorbiren sie davon, und es entstehen die Säuerlinge (Kap. XIII). Je gröfser die Tiefe ist, aus der sie kommen, desto wärmer sind sie. Alle diese Umstände wirken zusammen, dafs sie gewöhnlich reicher an Bestandtheilen sind, als die Gebirgsquellen.

---

[1]) Walchner a. a. O. S. 19.

Sie entziehen daher auch mehr Bestandtheile den Gesteinen, als die Gebirgsquellen.

In der Tiefe, wo die Wassersammlungen vorhanden sind, von denen die aufsteigenden Quellen herrühren, finden Auflösungen und Zersetzungen der Bestandtheile der Quellen statt. Die Wände der Kanäle, durch welche die Quellen aufsteigen, werden, wenn sie lösliche und zersetzbare Bestandtheile enthalten, so weit verändert, als das aufsteigende Wasser dringt.

Die Wirkung der aufsteigenden Quellen auf die Gesteine ist also ganz verschieden von denen der Meteorwasser, welche durch dieselben von oben nach unten filtriren. Diese durchdringen das ganze Gestein so weit als es wasserdurchlassend ist; sie wirken also überall auflösend und zersetzend. Die Bestandtheile, welche sie aufgelöst haben, können sie in Spalten und Drusenräumen absetzen, wenn die dazu erforderlichen Bedingungen vorhanden sind. Die durch die Gesteine filtrirenden Gewässer sind es daher, deren auflösende und zersetzende Wirkungen sich über ganze Gebirge erstrecken.

Bis jetzt hat man in Quellen, in Brunnenwassern, in Salzsoolen, im Meere u. s. w. folgende Stoffe gefunden:

1) Salzbasen: Natron, Kali, Lithion, Ammoniak, Kalkerde, Magnesia, Strontianerde, Baryterde, Thonerde, Eisenoxydul, Manganoxydul, Zinkoxyd, Kupferoxyd, Zinn, Blei, Silber, Antimon, Arsenik, Nickel, Kobalt, wahrscheinlich auch als Oxyde.

2) Säuren: Kohlensäure, Schwefelsäure, schweflige Säure, Salpetersäure, Phosphorsäure, Borsäure, Kieselsäure, Schwefelwasserstoffsäure.

3) Salzbilder und Metalloide: Chlor, Brom, Jod, Fluor, Schwefel, Wasserstoff.

4) Organische Substanzen: Extractivstoff (Baregin), Quellsäure und Quellabsatzsäure.

Von den Gasen, welche vom Wasser theils in Absorption erhalten werden, theils aus ihnen sich entwickeln, wird an verschiedenen Orten später die Rede sein.

Je nach längerem oder kürzerem Verweilen der Gewässer in Gesteinen, welche Salze oder lösliche Stoffe überhaupt enthalten, wird mehr oder weniger von denselben

aufgelöst; eine solche Auflösung kann bis zur Sättigung steigen. Nur Kochsalz und Gyps sind es, welche die Gewässer bisweilen sättigen, wenn letztere in Steinsalzlager oder in Gyps dringen. In anderen Quellen, welche gleichfalls blos durch einen einfachen Auflösungsprocefs entstehen, tritt das Kochsalz, welches übrigens selten gänzlich fehlt, sehr zurück.

G. Artesische Brunnen.

Da die künstlichen aufsteigenden Quellen so manche räthselhafte Verhältnisse aufgeklärt haben: so stellen wir hier das Thatsächliche zusammen.

Artesische Brunnen können erbohrt werden, wenn eine gegen den Horizont geneigte Schicht einer zerklüfteten oder porösen Gebirgsart von zwei wasserdichten Schichten eingeschlossen ist, von einer, die dem Entweichen des Wassers von unten her eine Grenze setzt, und von einer zweiten, die es von oben her zurückhält. Das Dasein der Decke erweisen alle Bohrversuche; immer mufs eine wasserdichte Schicht durchstofsen werden, ehe man auf aufsteigendes Wasser kommt. Aber auch die Unterlage fehlt nie. Obgleich meist einige dichtere Schichten des Kalksteins selbst die Stelle der wasserdichten Schicht vertreten, auch die wasserführenden Schichten das Wasser immer nur in Klüften, wenn gleich häufiger an ihren Ablagerungsflächen als in ihrer Mitte einschliefsen: so gibt es doch Fälle, wie namentlich der Bohrversuch zu *Blengel*, dafs in dem Kalksteine selbst noch wasserdichte Thonlager vorkommen. Da in der Regel die Kalkschichten zu den am meisten zerklüfteten gehören: so sind sie es auch vorzugsweise, in welchen aufsteigende Quellen erbohrt werden. Daher räth auch Garnier[1]), Bohrversuche auf Quellen nur in den Thälern solcher Gegenden vorzunehmen, auf deren Höhen das Ausgehende eines klüftigen Kalksteins erscheint.

Gleichwohl hängt die Auffindung aufsteigender Quellen, selbst auf einem Boden von geeigneter Beschaffenheit,

---

[1]) De l'art. du fontainier sondeur et des puits artésiens. Im Auszuge in Poggendorff's Ann. Bd. XVI. S. 592.

einigermaſsen von Zufälligkeiten ab. Wo man z. B. bis in den Kalkstein selbst hinabgehen muſs, wird der Erfolg natürlich dadurch bedingt, ob man zeitig genug eine Wasserader trifft, oder nicht. So erwähnt Garnier, daſs ein Einwohner von *Bethune*, nachdem er 70 Fuſs aufgeschwemmten Landes und 30 Fuſs im Kalksteine durchsunken hatte, auf eine Quelle gerieth, deren Wasser bis zur Oberfläche stieg; während ein Anderer, dessen Grundstück fast an das des Ersteren stieſs, kein Wasser bekam, obgleich er 70 Fuſs im Sande und Thone, und dann noch 105 Fuſs im Kalke gebohrt hatte, also im Ganzen 75 Fuſs tiefer, als sein Nachbar.

Manchmal geschieht es, daſs ein schon vorhandener artesischer Brunnen durch einen neuen in seiner Nähe keinen Abbruch erleidet. Auf der andern Seite können selbst ziemlich entfernte Brunnen mit einander in einer gewissen Verbindung stehen. So liegen Beispiele vor, wo, wenn von zwei benachbarten Brunnen, welche in einer auf das Gebirge zuführenden Linie liegen, der nächste an demselben durch das Pumpengestänge zufällig getrübt wurde, sogleich der entferntere ebenfalls ein milchiges Wasser lieferte. Zu *Cannstadt* und *Berg* verminderten, nach Plieninger, spätere Bohrungen das Wasser der früher erbohrten und der natürlichen Quellen. Endlich können auch, nach Degousée[1]), benachbarte artesische Brunnen gleiche Variation in ihrer Wassermenge zeigen, obgleich sie eine verschiedene Steigkraft haben.

Finden Verhältnisse, wie im *Teutoburger Walde* statt, wo sich das Kreidemergel-Gebirge, dessen Klüfte alle bis zu einer gewissen Horizontale mit Wasser erfüllt sind, unter einer Bedeckung von wasserdichtem aufgeschwemmten Lande fortzieht: so ist mit Bestimmtheit zu erwarten, daſs überall, wo diese Bedeckung durchbohrt wird, aufsteigende Quellen zum Vorschein kommen werden.

Wir haben oben (S. 227) gesehen, daſs bis zum Niveau der am westlichen Abhange des *Teutoburger Waldes* entspringenden, zahlreichen und sehr wasserreichen Quellen alle Klüfte des Kreidemergels und des Quadersandsteins

---

[1]) Compt. rend. 1842. Nro. 24.

mit Wasser erfüllt sind. Das aufgeschwemmte Land, welches den alten Meerbusen von *Paderborn* und *Münster* bedeckt, fällt sehr allmälig in der Richtung des Laufes der *Lippe* ab. An allen Punkten dieses Landes, unter welchen sich der zerklüftete Kreidemergel ununterbrochen fortzieht, werden daher aufsteigende Quellen zum Vorschein kommen, wenn jene Bedeckung durchbohrt wird. Das Wasser wird bis zur Horizontallinie jener Quellen steigen. Liegt diese Horizontallinie über der Stelle, wo gebohrt wird, so wird eine überfliefsende Quelle entstehen, wo nicht, so wird das aufsteigende Wasser die Oberfläche nicht erreichen.

So hat man unter andern in *Münster* und in der dortigen Gegend eine Menge artesischer Brunnen erbohrt, die, wenn sie eine Tiefe von 80 bis 150 Fufs erreichten, meist bis nahe an die Oberfläche steigendes Wasser gaben.

Wenn man die Structur eines Landes mit Sorgfalt studirt, so ist es im Allgemeinen ziemlich einfach, über das Vorhandensein unterirdischer wasserhaltiger Schichten ein Urtheil zu gewinnen, und selbst voraus zu sehen, in welcher Tiefe sie zu suchen sind. Sind die Schichten auf die irregulärste Weise verworfen und gebogen, so wird es freilich sehr schwierig, auch nur Vermuthungen zu wagen. Sind die wasserhaltigen und wasserdichten Schichten aufgerichtet, und ihre Köpfe entblöfst: so kann man leicht ihre Mächtigkeit messen, und unter der Voraussetzung, dafs diese Mächtigkeit dieselbe oder nahe dieselbe in den tiefer gelegenen Punkten bleibt, kann man die Tiefe angeben, in welcher die wasserhaltige Schicht angebohrt werden kann. Sind freilich die aufgerichteten Schichten in den Thälern, wo man einen artesischen Brunnen zu erbohren wünscht, mit tertiären und Diluvialgebilden bedeckt: so kann man nur dann jene Tiefe bestimmen, wenn man die Mächtigkeit dieser neueren Bildungen kennt. Diese Mächtigkeit ist aber, besonders in Thälern, durch welche grofse Ströme fliefsen, manchmal sehr bedeutend, und häufig unbekannt. Dies ist namentlich der Fall im *Rheinthale*, wo man bei und unterhalb *Bonn* in den Brunnen und Sandgruben das Sand- und Gestein-Gerölle noch nicht durchsunken hat; obgleich hier und da Stellen vorkommen, wo das Thonschiefer-Gebirge auftaucht.

Gegen die einfache Vorstellung, daſs die artesischen Brunnen die kürzeren Schenkel von communicirenden Röhren seien, deren längere, von der Natur gebildete Arme auf Anhöhen münden, und dort durch Meteorwasser, oder vorhandene Wasseransammlungen gespeist werden, traten einige, sonst sehr umsichtige Physiker auf. (Vergl. Erste Aufl. Bd. I. S. 58 ff.)

Allerdings erscheint es manchmal schwierig, in flachen Gegenden, wo artesische Brunnen erbohrt werden, die Anhöhen nachzuweisen, von welchen sie herstammen sollen: eine Schwierigkeit, die übrigens auch die natürlichen aufsteigenden Quellen trifft. Sehr interessant war daher das Vorkommen von Pflanzenüberresten, frischen Stengeln und Wurzeln von Sumpfpflanzen, Saamen von mehreren Pflanzen u. s. w. in einem artesischen Brunnen von *Tours*, welche in einem solchen Zustande waren, daſs sie nicht länger als drei bis vier Monate im Wasser gelegen haben konnten. So lange muſste daher das Wasser dieser artesischen Brunnen zur Durchlaufung seiner unterirdischen Kanäle gebrauchen; denn die im Herbste reifen Saamen waren ohne Zersetzung am 30. Januar an der Mündung des Brunnens angelangt. Da das Wasser Holzstücke und Muscheln mit sich führte: so konnte es nicht durch Sandschichten filtrirt, sondern es muſste Kanäle durchflossen haben. Man suchte den Ursprung des Wassers in einigen feuchten Thälern der *Auvergne* und des *Vivarais*, welches einen mehr als 30 Meilen langen unterirdischen Kanal voraussetzt. Dieser Ursprung ist freilich durch weitere Gründe wahrscheinlich zu machen.

Die beim Bohren nach artesischen Brunnen so häufigen Erscheinungen, daſs plötzlich die Bohrer von selbst ziemlich weit hinunter fallen, zeigen, welche bedeutende Zerklüftungen in wasserführenden Schichten stattfinden. Ein solcher Fall trug sich unter andern zu *Bages* in der Nähe von *Perpignan* zu. Nach dem Herausziehen des Bohrers sprang augenblicklich ein Wasserstrahl hervor, welcher durch seine Mächtigkeit, seine Gewalt und Steigkraft alle Arbeiter in Erstaunen setzte. Alle Röhren, die man auf die Ausfluſsöffnung setzte, waren noch zu kurz, so daſs man glaubte, das Wasser würde sich bis zu 50 Fuſs

Höhe erheben. In der Minute lieferte dieser Brunnen 2300 Quart.

Artesische Brunnen führen häufig in den ersten Zeiten nach dem Erbohren bedeutende Quantitäten Sand und Thon mit sich. Der in den periodischen Blättern so häufig erwähnte [1]) und so berühmt gewordene Bohrbrunnen zu *Grenelle* bei *Paris*, der am 24. Decemb. 1833 zu bohren angefangen wurde, und am 26. Febr. 1841, bei 1686 par. Fufs Tiefe, eine ungemein reichliche Menge Wassers gab, welches 84 Fufs über den Boden steigt und eine Temperatur von 22°,2 hat, zeigte in dieser Beziehung auffallende Erscheinungen und überhaupt so verschiedene Eigenthümlichkeiten, dafs er zu wunderlichen Befürchtungen Anlafs gab. (Vgl. 1. Aufl. Bd. I. S. 62 u. f.)

Entwicklungen von Gasarten aus artesischen Brunnen gehören nicht zu den seltenen Erscheinungen. Nach Héricart de Thury [2]) kommen Entwicklungen von atmosphärischer Luft bei den artesischen Brunnen in der kieseligen Kalksteinformation östlich und südöstlich von *Paris* sehr häufig vor. Das merkwürdigste Beispiel ereignete sich zu *Nangis* bei *Melun*. Man war mit dem Bohren bis zu 180 Fufs Tiefe gelangt, ohne Anzeige von springendem Wasser, als plötzlich ein Luftstrom hervordrang, mit einer solchen Heftigkeit wie mit dem des stärksten Gebläses.

Ohne Zweifel ist dies atmosphärische Luft, welche in grofsen Höhlenräumen sich angesammelt hatte, und durch zufliefsende Wasser eingeschlossen wurde. Durch die drükkenden Wassersäulen ist sie stark comprimirt worden, und beim Anbohren der Höhlenräume brach sie hervor. Wie lange diese Luft fortgeblasen haben mag, ist nicht bemerkt worden; lange kann es aber nicht gedauert haben. Dafs dieser Luftstrom das Sonderbare gehabt haben soll, zu gewissen Stunden des Tages mit einer Art von Intermittenz schwächer geworden zu sein, dürfte wohl auf einer ungenauen Beobachtung beruhen.

Die Entwicklung von atmosphärischer Luft ist mit

---

[1]) Poggendorff's Ann. Bd. XXXVIII. S. 416. XXXIX. S. 588. XLIII. S. 46. XLVIII. S. 383. LIX. S. 492.

[2]) Ann. des Mines. Ser. III. Vol. IV. p. 523.

den Entwicklungen eines Gemengs aus Stickgas und Sauerstoffgas, welche so häufig aus aufsteigenden Quellen im zerklüfteten Kalkgebirge stattfinden, in Parallele zu stellen. In den zahlreichen, am Fufse des *Teutoburger Waldes* entspringenden Quellen, namentlich in denen von relativ höherer Temperatur, habe ich diese Erscheinung sehr häufig gefunden. Boblaye bemerkt, dafs sich auch aus allen Quellen *Morea's* im zerklüfteten Kalkgebirge eine grofse Menge Luftblasen entwickele.

Auch brennbare Gasarten entwickeln sich häufig aus artesischen Brunnen. (Vergl. 1. Aufl. B. I. S. 64 u. ff.[1]) u. in dieser Aufl. Kap. XIII, XIV u. XVI.)

Bemerkenswerth ist noch folgende Thatsache, welche Héricart mittheilt. Im *Jura* und in ähnlichen Kalkgebirgen sind Schlünde, in die sich Flüsse und Bäche verlieren, sehr häufig. Wo die oberste Schicht aus einer thonigen Dammerde besteht, die sich dem Eindringen des Regens widersetzt leisten sie durch Fortführung des überflüssigen Wassers dem Landbau zuweilen grofse Dienste. In einigen Gegenden haben die Menschen sogar dies von der Natur gegebene Beispiel mit vielem Erfolge nachgeahmt. Ein Beispiel davon gibt die durch den König René veranstaltete Trockenlegung der Ebene von *Paluns* bei *Marseille*. Diese, gegenwärtig mit den schönsten Weingärten bedeckte Ebene, war ehemals ein grofses, sumpfiges Becken ohne Abflufs. Man hat sie mittelst grofser Senklöcher entwässert, die bis auf das darunter liegende poröse Gestein abgeteuft, und mit einer Menge von Gräben in Verbindung gesetzt worden sind. Die Wasser, welche durch

---

[1]) Die hier angeführten Exhalationen von brennbarem Gase in *China* sind von Bertrand Compt. rend. XXII, 667 bestätigt worden. Das brennbare Gas hat einen sehr starken bituminösen Geruch, der die Gegenwart des Bitumens in den salzführenden Schichten *China's* sehr wahrscheinlich macht. Wirklich erhielt man auch durch Bertrand Bitumen, welches von einem brennbares Gas liefernden Bohrloche herrührte, und das nach der Analyse aus einem sehr flüchtigen, der

Naphtha ähnlichen Oele	1,0
Petroleum	86,5
und festem Bitumen, ähnlich dem Asphalt .	12,5
	100

bestand.

diese Schichten abgeleitet werden, gelangen durch unterirdische Kanäle nach dem Hafen *Mion* bei *Cassis*, wo sie als Springquellen wiederum hervortreten. Hier hat man demnach, freilich ohne es zu wollen, artesische Brunnen angelegt, nicht um Wasser zu bekommen, sondern um sich desselben zu entledigen. Man könnte sie negative artesische Brunnen nennen.

De Saussure[1]) beschreibt ein anderes interessantes Beispiel von unterirdischen Wasserleitungen in den Klüften des Kalkgebirges. Da den Bewohnern des Thales, worin ein kleiner *Jura-See*, der *Lac de Joux* liegt, an der Erhaltung eines gleichförmigen Wasserstandes sehr viel gelegen war: so leiteten sie den See, zu Zeiten, wo er anschwoll, in kleine Schächte, die sie an den Ufern desselben, 15 bis 20 Fuſs tief, bis auf die Kalkschichten abgeteuft hatten. Schwerlich würde man glauben, daſs diese Schächte, künstliche und natürliche, zu der 680 Fuſs tiefen und ¾ Lieues entfernt liegenden Quelle der *Orbe*, wovon schon oben S.236. die Rede war, Veranlassung gäben, wenn nicht ein zufälliges Ereigniſs im Jahr 1776 dies ganz auſser Zweifel gesetzt hätte. Als nämlich der in den *Lac de Joux* sich ergieſsende *Lac de Rousses* abgedämmt wurde, um jenen trocken zu legen, schwoll letzterer so stark an, daſs er den Damm durchbrach, und sich mit groſser Gewalt in den ersteren stürzte, der dadurch von Grund aus aufgewühlt und getrübt wurde. Bald hierauf lieferte auch die sonst so klare Quelle der *Orbe* ein trübes unreines Wasser.

In *Griechenland* treten diese Verhältnisse nach Forchhammer's Beschreibung[2]) in einem groſsartigen Maaſsstabe auf.

Jamaica zeigt ähnliche Verhältnisse. *Luidas Vale*, welches auf allen Seiten von Bergen umgeben ist, müſste sich in einen See verwandeln, wenn das Wasser nicht durch Sinklöcher in die tiefern Gegenden abgeführt würde. Das Wasser versiegt in Höhlen, und tritt erst am jenseitigen Bergabhange hervor[3]).

[1]) Voyages dans les Alpes ed. 4. 1. 309.

[2]) Poggendorff's Ann. Bd. XXXVIII. S. 241.

[3]) De la Beche Geognosie von v. Dechen S. 63.

Schon längst hat man bemerkt, daſs in der Nähe der Meeresküste der Wasserspiegel der natürlichen Quellen durch Ebbe und Fluth sehr häufig verändert wird. Schon Plinius berichtet dies von einigen Quellen in der Gegend von *Cadix* und an anderen Orten in *Spanien*[1]. Nach Eug. Robert[2]) ist dies auch bei verschiedenen Quellen in *Island* der Fall. In der Nähe von *Budir* steigt ihr Wasser während der Fluth und fällt zur Zeit der Ebbe. Die Thermen in dem Districte von *Skagafjördr* hören nach Olafsen und Powelsen stets auf zu flieſsen während der Ebbe. Dasselbe zeigt sich bei den Brunnen und Seen der östlichen Küste von *Island*. Auf der *Keeling* Insel im *Indischen Ocean* liegen Brunnen, deren süſses Wasser mit der Ebbe und Fluth fällt und steigt. Die fallenden und steigenden Brunnen sind auch in einigen Theilen von *Westindien* gewöhnlich[3].

Die einfache Thatsache, daſs in niedrigeren Inseln, von geringer Ausdehnung und von porösem Material gebildet, das leichtere Regenwasser keine Neigung haben könne, unter den Spiegel des umgebenden schweren Meerwassers zu sinken, und sich deſshalb nahe an der Oberfläche anhäufen muſs, scheint übersehen worden zu sein, und zur Annahme geführt zu haben, daſs der Sand das Salz des Meerwassers abfiltrire.

Das Vorkommen süſsen Wassers in der Nähe des Meeres war übrigens schon den Alten bekannt. So erzählt Hirtius[4]), daſs Julius Cäsar bei der Belagerung von *Alexandrien* Brunnen an der Meeresküste graben lieſs, und süſses Wasser fand.

Die Wirkung der Ebbe und Fluth zeigt sich noch in bedeutender Entfernung von der Seeküste. So befindet sich, nach Rivière[5]) in der *Vendée*, zu *Giore*, Canton *Moutiers-les-Maux-Faits*, auf einer Wiese eine salzige Quelle, die vier Lieues vom Meere entfernt, an den Bewegungen des-

[1]) Hist. nat. L. II. c. 97 u. 103.
[2]) L'Institut. 1842. No. 429.
[3]) Darwin's Naturwissensch. Reisen II. S. 238.
[4]) De bello Alexandrino. c. 8.
[5]) Compt. rend. IX. S. 553.

selben Theil nimmt. Während der Fluth fliefst sie reichlich, zur Ebbe versiegt sie gänzlich.

Nach diesen Erfahrungen war zu erwarten, dafs eine ähnliche Störung bei den Bohrbrunnen eintreten würde. Héricart erwähnt dies namentlich von einer zu *Noyelle-sur-Mer* in 51 Meter Tiefe erbohrten Quelle [1]). Zur Zeit der Ebbe steht ihr Spiegel 6 Fufs unter Tage, bei der Fluth aber stellt er sich mit dem Boden in's Niveau. Aehnlichen Oscillationen sind auch die artesischen Brunnen zu *Abbeville* ausgesetzt, so wie mehrere zu *Dieppe, Montreuil*, im Département *Calvados*, zu *Fulham* in *England* und in den *Vereinigten Staaten*. Im Militairhospital zu *Lille*, etwa 8,5 geogr. Meilen vom nächsten Punkte der Meeresküste entfernt, stellte man stündliche Beobachtungen über die bei constanter Wasserhöhe ausfliefsende Wassermenge, und viertelstündige über die Höhe des Wassers, nach Unterbrechung des Ausflusses, an. Hieraus ergab sich: 1) dafs das Maximum des Ergusses 63,55 Litr. in der Minute, das Minimum 33 Litr., das Medium 48,55 Litr. beträgt; 2) dafs das Maximum der Wasserhöhe nach unterbrochenem Ausflusse 7,125 par. Fufs, das Minimum 6,02, das Medium 6,935 ist; 3) dafs die gröfsten Veränderungen in dem Ergusse und in der Wasserhöhe den Syzygien, die schwächsten den Quadraturen entsprechen. Diese Veränderungen rühren ohne Zweifel von der Ebbe und Fluth her. Das Maximum findet statt etwa 8 Stunden nach dem Eintritte der höchsten Fluth zwischen *Dünkirchen* und *Calais* [2]).

Dieser Einflufs der Ebbe und Fluth auf die artesischen Brunnen läfst sich ganz genügend daraus erklären, dafs die wasserhaltende Schicht, in welcher die Wassercirculation stattfindet, sich bis in das Meer fortsetzt. Geht das Meer hoch, so ist der Gegendruck der Meeressäule stärker, als wenn es niedrig steht; in jenem Falle wird daher das Wasser in der Bohrröhre höher steigen und reichlicher ausfliefsen, als in diesem. Der mittlere Stand des artesischen Brunnens zu *Lille* über dem Meeresspiegel ist zwar nicht angegeben; unzweifelhaft ist er aber über dem-

[1]) Ann. de l'industr. II. p. 66.
[2]) Compt. rend. 1842. XIV. p. 310.

selben. In diesem Falle möchte es sonderbar erscheinen, wie ein mit dem Meere communicirender unterirdischer Wasserlauf durch eine Röhre auf dem Lande höher steigen könne, als der Meeresspiegel ist. Wenn aber die Communication der wasserhaltenden Schicht mit dem Meere eine beschränkte ist, wenn z. B. diese Schicht im Sande des Meergrundes sich mündet: so wird der freie Abflufs ins Meer gehindert, und das Wasser steigt in der Röhre, wo kein Hindernifs ist, über den Meeresspiegel, wie dies schon Arago gezeigt hat. Diese Beschränkung in dem Ausflusse des süfsen Wassers ins Meer kann jedoch die Wirkung der höheren oder niederen Drucksäule des Meerwassers nicht verhindern.

Es ist ein ähnliches Verhältnifs wie bei einer Wasserleitung, deren tiefste Stelle nicht ganz wasserdicht ist. Ist z. B. zwischen der Quelle, aus welcher die Röhren das Wasser leiten, und dem Ausflufse eine Vertiefung: so wird, ungeachtet des an dieser Stelle ausschwitzenden Wassers, der höher liegende Ausflufs doch nicht merklich vermindert. Auch mit der Wirkung des Stofshebers könnte man jene Erscheinung vergleichen.

Man erinnert sich hierbei an die von Boblaye beschriebenen hydrographischen Verhältnisse *Morea's* [1]). (Siehe hierüber und über Hebungen des Bodens durch artesische Brunnen I. Aufl. B. I, S. 71. u. ff.)

Von dem grofsen Nutzen der artesischen Brunnen für das bürgerliche Leben zu sprechen, ist kaum nöthig. Aufserdem, dafs sie ohne Pumpwerke meist ein reines Trinkwasser liefern, können sie auch durch ihre häufig grofse Ergiebigkeit der Landwirthschaft bedeutenden Nutzen leisten, wovon in dem Vorhergehenden schon Beispiele angeführt wurden. Im östlichen Theile von *Essex* in *England* hat sich der Werth des Landes durch mehrere gebohrte artesische Brunnen wesentlich erhöht, indem diese Gegend, obwohl reich an Torfmooren und stagnirenden Teichen während des Winters, viel von der Trockenheit des Sommers leidet [2]). In der Nähe von *Canstadt* in *Wür-*

[1]) Ann. des mines Bd. IV. S. 99. und Poggendorff's Ann. Bd. XXXVIII. S. 262.

[2]) Sedgwick in Edinb. new philos. Journ. July to Oct. 1841. S. 426.

temberg hat man schon längst artesische Brunnen benutzt, um den Mühlen mehr Aufschlagewasser zu geben, und durch ihre constante Wärme die Wasserräder frei vom Eise zu halten. In *Heilbronn* hat man das 10° warme Wasser zur mäfsigen Erwärmung der Räume einer Papiermühle benutzt, und damit gleichfalls die Räder frei vom Eise erhalten [1]. Welche reichhaltigen Soolquellen in der neuesten Zeit erbohrt worden sind, ist bekannt.

H. Periodische und intermittirende Quellen.

In dem Vorhergehenden (S. 231, 238 und 239) haben wir schon einige Ursachen kennen gelernt, wodurch periodische Quellen entstehen: nämlich den veränderlichen Stand der Grundwasser in zerklüftetem Kalkgebirge, das zur Winterszeit unterbrochene Abschmelzen der Gletscher, wie beim *Liebfrauen-Brunnen* bei *Leuck* [2]), und die Communication mit dem Meere.

Die sogenannten Hungerquellen, welche nur zur nassen Jahreszeit fliefsen, zur trocknen versiegen, können auch zu den periodischen Quellen gezählt werden. Hierher gehörende Beispiele und verwandte Erscheinungen siehe in der 1. Aufl. S. 74 u. ff.

Je nachdem die Quellen einen längeren unterirdischen Lauf haben, und aus unterirdischen Wassersammlungen kommen, die zur trocknen Jahreszeit austrocknen, kann ihr Versiegen in einer Zeit eintreten, welche auf die trockne Jahreszeit viel später folgt. Es gibt Quellen, welche in der wärmsten Jahreszeit am reichlichsten fliefsen.

Intermittirende Quellen hat man besonders diejenigen genannt, welche in kürzeren regelmäfsigen oder unregelmäfsigen Perioden bedeutende Unterschiede ihrer Ergiebigkeit zeigen oder ganz aussetzen.

---

[1]) Bruckmann, vollständige Anleitung zur Anlage u. s. w. der artes. Brunnen. 1833. S. 35.

[2]) In den *Alpen* gibt es sehr viele solcher periodischer Quellen. Meine Bemerkungen über *Tyrol's* Mineralquellen. Journ. für pract. Chem. II. S. 67. Muncke führt auch a. u. a. O. mehrere Beispiele aus den *Alpen* an.

Ansammlungen von Wasser oder Luft in den Kanälen der Quellen, der ungleiche Druck der Luft in unterirdischen Höhlungen können gewiſs eine Intermittenz der Quellen herbeiführen.

So zeigte zu *Pittsbourg* in *Nordamerika* ein artesischer Brunnen eine merkwürdige Intermittenz. Fast alle drei Wochen steigt das Wasser plötzlich bis zu einer Höhe von 30 bis 36 Fuſs mit einer reichen Entwicklung von Kohlenwasserstoffgas, von dessen Anhäufung wahrscheinlich dieses Phänomen herrührt [1]. Als die Saline im Betriebe stand, hatte dieselbe Figuration jedesmal statt, wenn man, nach einer Ruhe von einigen Tagen, die Pumpe in Bewegung setzte. Das Bohrloch durchsetzt vier bis fünf Kohlenflötze, unter welchen, mit Ausnahme der letzten, stets eine schwache Kalkschicht getroffen wurde. Es hat eine Tiefe von 800 Fuſs [2].

Eine merkwürdige intermittirende heiſse Quelle in *Island* beschreibt George Mackenzie [3]. Er nennt sie alternirenden Geyser, weil sie abwechselnd aus zwei verschiedenen Mündungen, die innerlich zusammenhängen, mit ebenso regelmäſsigen Zwischenzeiten von Ruhe als die andern heiſsen Quellen von *Island* springt.

Seit dem Erscheinen der ersten Auflage habe ich Gelegenheit gehabt, weitere Studien hinsichtlich der aufsteigenden Quellen zu machen. Das Folgende ist das Resultat dieser Studien.

Daſs eine bei weitem gröſsere Zahl aufsteigender warmer Quellen noch verborgen, als bekannt ist, ist unzweifelhaft. Quellen, welche durch drückende Wassersäulen gehoben werden, sind nur in Thälern möglich.

In den Hochthälern, wo die Flüsse und Bäche ein starkes Gefälle haben, flieſsen sie auf einem Felsenbette, auf welchem gröſsere und kleinere Steinblöcke gelagert sind, die auch die felsigen Ufer bedecken. Die schwebenden Theile, welche die schnellflieſsenden Gewässer mit

---

[1]) Daſs Kohlensäuregas ein Hebungsmittel für Quellen ist, wird im Kap. XIII mit aller Evidenz bewiesen werden.

[2]) L'Institut Nr. 637, 1846.

[3]) Gilb. Ann. XLIII. 114.

sich führen, können weder zum Absatze kommen, noch Kanäle, aus denen Quellen aufsteigen, verstopfen. Sind solche vorhanden, und steigen sie aufserhalb des Flufsbettes auf: so können sie der Beobachtung nicht entgehen, wohl aber, wenn die Kanäle innerhalb des Flufsbettes münden. Die Thäler, durch welche Flüsse fliefsen, die ein geringes Gefälle haben, sind mit Detritus (Kap. VI) erfüllt, der oft Lager von mehreren hundert Fufs Mächtigkeit bildet. Sind diese Lager wasserdurchlassend: so sind sie mit dem Flufswasser durch und durch getränkt. Steigen aus dem Liegenden dieser Lager warme Wasser auf: so mischen sie sich beim Eintreten in dieselben sogleich mit dem kalten Flufswasser. Alle Zeichen ihrer unterirdischen Existenz fehlen daher in solchen Thälern.

Wenn selbst die Detritus-Lager nur von geringer Mächtigkeit sind: so können doch warme Quellen während langer Zeiträume verborgen bleiben. Eine Temperatur von 16° R., welche ich in einer, im Detritus des *Ahrthales* in ungefähr 12 Fufs Tiefe aufgefundenen aufsteigenden Quelle beobachtete, veranlafste mich, Temperatur-Beobachtungen in benachbarten Brunnen anstellen zu lassen, um vielleicht noch höhere Wärmegrade zu finden. Wirklich fand sich ¼ Meile von dieser Quelle entfernt, am jenseitigen Ufer des *Ahrflusses*, ein Brunnen, der eine Temperatur von 20° R. hatte. Da er sein Wasser von diesem Flusse erhielt: so mufsten aufsteigende Quellen von noch höherer Temperatur zufliefsen. Ich liefs ein Bohrloch niederstofsen, welches schon in 33 Fufs Tiefe das Thonschiefergebirge erreichte. In dieser geringen Tiefe war die Temperatur des Wassers schon bis auf 32° R. gestiegen.

Selbstredend müssen aufsteigende Quellen eine viel höhere Temperatur als 32° haben, da sie die kalten Flufswasser, womit das ganze Detritus-Lager getränkt ist, bis zu diesem Grade erwärmen können.

Zum Ausfliefsen wurde das 32° warme Wasser erst gebracht, als man die eisernen Röhren, welche während des Bohrens im Detritus niedergetrieben worden waren, mit Trafsmörtel ausgefüttert, und dadurch das zutretende Flufswasser abgesperrt hatte[1]).

[1]) Das Ausfüttern mit Trafsmörtel wurde von mir und meinem

Nachdem dies geschehen war, wurde im Thonschiefergebirge das Bohren bis zu einer Tiefe von 80 Fufs fortgesetzt.

Da die Thonschiefer-Schichten stark einfallen: so konnte nichts anderes erwartet werden, als dafs das Flufswasser auch noch unterhalb des Detritus-Lagers durch die Schichtungsflächen in das Bohrloch dringen, und erkältend auf die aufsteigenden warmen Quellen wirken würde. Daher kam es, dafs die Temperatur nicht über 32° stieg. Wahrscheinlich würde man höhere Wärmegrade erreicht haben, wenn das im Thonschiefer stehende Bohrloch auch mit Trafsmörtel ausgefüttert worden wäre. Zur Anlage eines Bades reichte aber das 32° warme Wasser hin, und so unterblieb das weitere Austrassen.

Beim Bohren durch den Thonschiefer kam man auf eine einige Fufs mächtige Schicht, deren Gestein so zersetzt war, dafs es als breiartige Masse mit dem Löffelbohrer herausgeholt werden konnte.

Die zersetzenden Wirkungen eines mäfsig warmen Wassers, welches reich an Kohlensäure ist (in 80 Fufs Tiefe enthält dieses Wasser $2^1/_2$mal so viel freie Kohlensäure, als auf der Oberfläche unter dem einfachen Atmosphärendruck), zeigten sich hier auf eine eclatante Weise. Man sieht, wie solche Zersetzungen in so unbedeutenden Tiefen und an Orten von Statten gehen können, wo man früher keine Ahnung von der Gegenwart warmer, kohlensäurehaltiger Wasser hatte; denn vor dem Abteufen des erwähnten 20° warmen Brunnens, welches einige Jahre vor den Bohrversuchen geschah, fehlte jedes Kennzeichen, woraus man auf jene Gegenwart hätte schliefsen können.

Sohne Carl Bischof nach einem in Dingler's polytechn. Journal Bd. CLXVII. Heft 4. S. 273 beschriebenen Verfahren bewirkt. Es gelang so vollkommen, dafs, nachdem der Trafsmörtel-Ring zwischen den eisernen Röhren, welche beim Bohren durch den Detritus niedergetrieben wurden, und den inneren zusammengelötheten und unten mit Trafsmörtel wasserdicht geschlossenen Röhren von verzinntem Eisenblech, erhärtet war, das eingeschlossene Wasser vollständig ausgepumpt werden konnte, und dafs selbst nach 24 Stunden kein neues Wasser zugetreten war. Beim Durchstofsen des Trafsmörtel-Stopfens mittelst des Bohrgestängs stieg das Wasser selbstredend mit grofser Schnelligkeit auf.

Wenn nun in so geringen Tiefen solche Quellen verborgen bleiben können, wie erst an Orten, wo der Detritus Hunderte von Fufsen mächtig ist! Sind im Grundgebirge eines mit Detritus erfüllten Thales warme Quellen vorhanden: so treten ihrem Aufsteigen im Detritus die geringsten Schwierigkeiten da entgegen, wo er die geringste Mächtigkeit hat: mithin unter dem Bette der Flüsse. Die Tiefe der Brunnen in solchen Thälern bis zu ihren Wasserspiegeln gibt die Höhe des Detrituslagers über dem Spiegel der Flüsse an. In und bei *Bonn* steigt diese Höhe bis zu 60 Fufs. Die Tiefe des *Rheines* hat man an manchen Orten, wenn auch nicht bei *Bonn*, bis zu 50 Fufs gefunden. Die Mächtigkeit des Detrituslagers unter dem *Rheinbette* kann daher um 110 Fufs geringer sein, als unter dem höchsten Punkte desselben im Thale. Wenn daher im Liegenden des Detrituslagers des *Rheinthales* warme Quellen vorkommen sollten: so könnten sie nach hydrostatischen Gesetzen nicht höher, als bis zum Niveau des Stromes oder der Grundwasser steigen; noch früher und leichter würden sie aber das Strombett erreichen, wenn sie unter demselben aufstiegen. Selbstredend könnte das Thermometer die mit dem Flufswasser vermischten warmen Quellen nicht nachweisen.

Das Aufsteigen von Kohlensäure-Blasen aus Bächen, Flüssen und Seen ist dagegen ein sicheres Kennzeichen, dafs aufsteigende Kohlensäuerlinge vorhanden sind. Durch Bohrversuche würde in einem solchen Falle zu ermitteln sein, ob es kalte oder warme Quellen sind [1]).

Aus dem *Ahrflusse* in der Nähe der Bohrlöcher, welche die 32° warmen Quellen geliefert haben, worauf das junge, aber schon sehr besuchte Bad *Neuenahr* gegründet

[1]) Es ist einleuchtend, dafs solche Bohrversuche und das nachherige Ausfüttern mit Trafsmörtel im Detritus unter dem Flufsbette nicht mit gröfseren Schwierigkeiten verknüpft sind, als im Detritus neben demselben. Die Bohrarbeiten werden sogar abgekürzt, da unter dem Flufsbette das Detrituslager eine geringere Mächtigkeit besitzt, als entfernt davon im Thale; mithin das Grundgebirge dort früher als hier erreicht wird. Solche unter dem Flufsbette erbohrte aufsteigende Quellen können nutzbar werden, wenn man das Thermalwasser durch Pumpen fördert.

worden ist, sah ich zu allen Zeiten, während der von mir und meinem Sohne Carl geleiteten Bohrarbeiten, Blasen aufsteigen. Es ist daher unzweifelhaft, dafs sich das dortige warme Quellengebiet quer unter dem Flufsbette fortzieht, und mit dem jenseitigen Gebiete, welches seine Entdeckung veranlafst hat, communicirt.

In den Bächen der Umgebungen des *Laacher Sees* finden sich viele Stellen, wo oft bedeutende Mengen von Kohlensäure sich entwickeln. Auch aus dem *Laacher See* und selbst, wo er eine bedeutende Tiefe hat, steigen gleichfalls solche Blasen auf.

Im Bette der *Rhone* bei dem Dorfe *Lavey*, südöstlich von *Bex*, entdeckte man wirklich im Winter 1831 die schon oben S. 246 erwähnte 36° warme Quelle. An dieser Stelle fror die *Rhone* nicht zu, und dies veranlafste diese Entdeckung. Die Quelle wurde gefafst, und hat sich seitdem zu einem Bade erhoben [1]).

In den tief eingeschnittenen Thälern der *Alpen* mag wohl noch manche warme Quelle verborgen sein. Da in der Regel solche Quellen, nach hydrostatischen Gesetzen, im tiefsten Punkte des Thales zu Tage kommen: so werden sie in dem Bette der Gletscher-Ströme zu suchen sein. Darin kann man sie aber nur während des Winters finden.

Die Thalbildungen sind die nothwendigen Vorläufer der Entstehung aufsteigender Quellen. Durch die erodirenden Wirkungen der Bäche und Flüsse und durch Hebung wurden die Thäler gebildet, und in gebirgigen Gegenden schreitet diese Erosion noch jetzt fort (Kap. VI). Fliefsende Gewässer waren und sind es daher, welche die in der Tiefe stagnirenden Gewässer zum Aufsteigen und wieder zum Fliefsen bringen. Diese aufsteigenden Gewässer sind es auch, welche das, was sie in der Tiefe aufgelöst haben, der Erdoberfläche zuführen, und hier Antheil nehmen lassen an den chemischen Processen, welche im organischen, wie im unorganischen Reiche fortwährend von Statten gehen. Nirgends finden wir daher zufällige, sondern überall wesentliche Vorgänge in der Natur.

Wo die Bedingungen zum Aufsteigen warmer Quel-

---

[1]) Meine Wärmelehre S. 115.

len, drückende Wassersäulen oder Kohlensäure-Exhalationen (Kap. XIII) fehlen, da können diese Quellen nicht zu Tage kommen.

Die Existenz warmer Wasser in der Tiefe kann aber nicht an diese Bedingungen geknüpft sein. So tief hinab, als die Gesteine und der Detritus wasserdurchlassend sind, dringen auch die Gewässer der Erdoberfläche, und werden immer wärmer, je tiefer sie dringen.

Dem Bergmann glückt es manchmal, tiefe Schächte abzuteufen, ohne mit zudringenden Gewässern zu kämpfen zu haben. Die Existenz des leichtlöslichen Steinsalzes in bedeutenden Tiefen zeigt das Vorhandensein wasserdichter Schichten, welche das Niedergehen der Gewässer in das Steinsalz-Gebirge verhindern. Da sie nur bis zu diesen Schichten dringen können: so würde man durch Bohrversuche bis zu denselben die heifsesten Quellen, wie sie an anderen Stellen von selbst aufsteigen, nicht erreichen. Das so seltene Vorkommen gesättigter oder nahe gesättigter Soolquellen zeigt, dafs die Bedeckung des Steinsalz-Gebirges mit wasserdichten Schichten eine ziemlich allgemeine Erscheinung ist.

Wie grofse Strecken Landes rings umher von wasserdichten Massen eingeschlossen sein können, zeigt das 150 Meilen lange und 60 bis 70 Meilen breite *Kaspische Meer,* dessen Spiegel 86,5 Fufs unter dem des *Schwarzen Meeres* liegt. Es kann daher weder mit diesem noch mit dem *Persischen* Meerbusen und auch nicht mit den in diese beiden Meere sich ergiefsenden Flüssen in subterraner Communication stehen. Ebenso wenig kann das *Todte Meer,* dessen Wasserspiegel sogar 1327 Fufs unter dem des *Mittelländischen Meeres* liegt, mit diesem communiciren. Zwischen beiden Meeren mufs ein absoluter Abschlufs sein; denn sonst würde das mit einem Drucke von 41,5 Atmosphären wirkende Wasser des *Schwarzen Meeres* schon längst das Becken des *Todten Meeres* und seiner Umgebungen bis zu einer Höhe von 1327 Fufs über dem Spiegel desselben erfüllt haben.

Der plastische Thon ist das wasserdichteste Naturproduct, so lange er nicht austrocknet. Man hat sich an diese Eigenschaft eines Körpers, das Wasser so lange ab-

zuschliefsen, als er solches mechanisch gebunden enthält, so sehr gewöhnt, dafs man darin nichts Merkwürdiges erblickt, und dafs man leicht vergifst, von welch' grofser Bedeutung diese Eigenschaft im Haushalte der Natur ist. Der Thon ist es, welcher die Existenz der Steinsalzlager und der hochgelegenen Seen bedingt. Seiner Eigenschaft, das Wasser länger zurückzuhalten, als es andere Erdarten zu thun vermögen, verdanken wir die Fruchtbarkeit des Thonbodens.

In Seen, in welche Flüsse und Regenwasser schwebende Thontheilchen führen, entstehen wasserdichte Thonschichten, die an Mächtigkeit immerfort zunehmen. In Flüssen kann dies nur da geschehen, wo ihr Gefälle sehr gering ist, oder wo sie so tief sind, dafs die untern Wasserschichten keinen Theil an der Strömung nehmen. Während daher der Seeboden vollkommen wasserdicht schliefsen kann, findet ein solcher Abschlufs im Flufsbette nur in seltenen Fällen statt.

Seen im zerklüfteten Kalkgebirge, aus denen Quellen entspringen (Seite 231), können keinen wasserdichten Boden haben.

Die in die gröfsten Tiefen hinabreichenden Kanäle finden sich in den Kratern der noch thätigen Vulkane. Geschieht es, dafs die letzten aufgestiegenen Laven in diesen Kanälen stecken bleiben: so verstopfen sie dieselben, aber nicht wasserdicht; denn in Folge der Zusammenziehung der geschmolzenen Massen beim Erstarren entstehen Risse. Fliefsen in solche ausgebrannte Krater mit schwebenden Theilen beladene Meteorwasser: so entstehen nach und nach Seen, die Risse werden verstopft und der Seeboden wird wasserdicht. Beispiele von solchen Kraterseen bietet der *Laacher See* und die Maare in der *Eifel* dar. Ob in den ehemaligen Kratern dieser Seebecken aufgestiegene Lava die Kanäle verstopft hat, ist zweifelhaft. In den Maaren sind es wohl Thonschiefer-Brocken, herrührend von dem durch vulkanische Thätigkeit durchbrochenen und zertrümmerten Gebirge und Rapilli, vulkanische Asche u. s. w., sowie die schwebenden Theile, welche die Meteorwasser hineingeführt haben, welche den Seeboden wasserdicht gemacht haben und noch machen.

Jene Auswürflinge finden sich an den Ufern und in mächtigen Schichten an den äufseren Abhängen der hochgelegenen Maare, namentlich am *Weinfelder Maar* bei *Daun*.

Was vom Seeboden gilt, das hat auch Bezug auf den Meeresboden. Im Meere können sich jedoch nur da, wo keine Strömungen sind, schwebende Theile absetzen, also nur in eingeschlossenen Meeren und in Meerbusen.

Der Meeresboden ist die Werkstätte der sedimentären Formationen. Sedimente häufen sich auf Sedimente, die mechanischen Absätze werden durch chemische cementirt: wasserdichte Gesteine entstehen. Durch Hebung kommen sie über das Meer. Die aufgerichteten Schichten zeigen, dafs die Hebung meist ungleichförmig erfolgt. Eine Folge davon ist, dafs Risse während der Hebung entstehen müssen, und die Spalten in den sedimentären Formationen bezeugen dies. Das ursprünglich wasserdichte Gestein wird wasserdurchlassend.

Die vorstehenden Betrachtungen ergeben, dafs in der Erdkruste weit verbreitete wasserdichte Abschlüsse, welche der schnellen Bewegung des Wassers, sei es durch die Wirkung der Schwere oder des Drucks, Schranken setzen, vorkommen. Die Porosität gestattet aber ein capillares Eindringen des Wassers in die meisten, wenn nicht in alle Gesteine.

Die Tiefen, bis zu welchen wasserdurchlassende Gesteine reichen, sind an verschiedenen Stellen unserer Erdkruste gewifs höchst ungleich. Schreitet die Temperaturzunahme in unzugänglichen Tiefen nach dem Verhältnisse fort, wie es in zugänglichen ermittelt worden ist, dafs nämlich auf 1° R. eine Tiefenzunahme von 115 Fufs kommt[1]): so herrscht da, wo die mittlere Boden-Temperatur der Erdoberfläche = 8° R. ist, die Siedhitze des Wassers in 8280 Fufs Tiefe. So tief müssen also Gewässer dringen, wenn sie als siedend heifse Quellen emporsteigen sollen. Diese Gröfse wird von der Mächtigkeit mehrerer sedimentärer Formationen und sehr viel von der des *Rheinischen* Schiefergebirges übertroffen. Man braucht also die Werkstätte der heifsen Quellen nicht in ganz unbekannten For-

[1]) Meine Wärmelehre S. 252.

mationen zu suchen, und man geht gewifs nicht zu weit, wenn man Zuflucht nimmt zu heifsen Wassern und zu überhitzten Wasserdämpfen im Mineralreiche, um metamorphische Processe zu erklären, welche bei Anwendung solcher Mittel im chemischen Laboratorium gelingen; denn überall, wo wasserdurchlassende Formationen bis zu grofsen Tiefen reichen, müssen, da die Temperatur-Zunahme nach dem Innern unserer Erde eine ganz allgemeine Erscheinung ist, diese Agentien gegenwärtig sein.

Kapitel V.

Flüsse und Seen.

Da durch die meisten Seen Flüsse fliefsen: so ist es sachgemäfs, beide mit einander zu verknüpfen.

A. Flüsse.

Den Gehalt der Quellen an mineralischen Bestandtheilen finden wir in den Bächen und Flüssen wieder. In diesen unterliegt er aber grofsen Schwankungen. Zur trocknen Jahreszeit im Sommer, und im Winter, wenn der Boden mit Schnee und Eis bedeckt ist, sind es nur die Quellen, welche die Flüsse speisen. Der Gehalt an mineralischen Bestandtheilen in den Flüssen ist dann am gröfsten. Zur nassen Jahreszeit hingegen, wo die Regen- und Schneewasser bei weitem mehr als die Quellwasser betragen, sinkt der Gehalt an aufgelösten Bestandtheilen herab; denn jene auf der Oberfläche rasch und in grofser Menge fliefsenden Gewässer lösen bei weitem weniger auf, als die in das Gebirgsgestein dringenden Gewässer. Die Regen- und Schneewasser führen aber dann mehr oder weniger schwebende Theile den Flüssen zu, wodurch sich diese trüben [1]). Davon wird später die Rede sein.

---

[1]) Aus einer einzigen Analyse lassen sich, wenn die mittlere jährliche Menge Wassers, welche durch einen Flufs dem Meere zugeführt werden wird, bekannt ist, die in dasselbe gelangenden aufgelösten fixen Bestandtheile nur dann berechnen, sofern ihre Menge das Maximum erreicht hatte.

Everest (Lyell's Principles of Geology. Ed. VII. P. 269) fand, dafs im J. 1831 die Menge des Wassers im *Ganges* betrug in der Secunde während

der 4 Regenmonate	494208	Cub. F.
der 5 Wintermonate . . .	71200	„ „
der 3 Sommermonate . . .	36330	„ „

Hieraus ergibt sich, dafs Analysen der Flufswasser nur wenig Werth haben, wenn nicht die Jahreszeit, in welcher das Wasser geschöpft wurde, angegeben wird. Um den mittleren Gehalt der Bestandtheile zu erhalten, müfsten eigentlich zu allen Jahreszeiten und bei hohen, niederen und mittleren Wasserständen die Analysen angestellt werden. Da indefs nur selten solche weitläufige Untersuchungen angestellt werden möchten: so genügt es, die Analysen beim niedrigsten Wasserstande im Sommer oder im Winter vorzunehmen[1]). Im Winter ist aber die Zeit zu wählen, wo sich während des ganzen Tages die Temperatur unter Null erhält; denn schmilzt am Tage der Schnee oberflächlich durch die Sonnenwärme: so verdünnt dieses fast reine Schneewasser das Flufswasser mehr oder weniger. Ist der Zweck der Analyse auf die Auffindung der in geringen Quantitäten in den Flufswassern enthaltenen Bestandtheile gerichtet: so ist natürlich dazu die Zeit des niedrigsten Wasserstandes die geeigneteste. Die Zeit des höchsten Wasserstandes zur Analyse zu wählen, kann nur den Zweck haben, den Grad der Verdünnung kennen zu lernen. Ist das Wasser sehr trübe: so ist das Filtriren meist nicht hinreichend, es klar zu erhalten; denn die feinen schwebenden Theile gehen durch das Filtrirpapier. Durch langes Stehenlassen erreicht man dann die Klärung. Das Filtriren darf indefs auch dann nicht versäumt werden.

Im Folgenden habe ich die mir bekannt gewordenen Analysen von Flufswassern zusammengestellt und meine des Wassers des *Rheins*, der *Elbe*, der *Donau* und der *Weichsel* hinzugefügt. Die Menge der Bestandtheile ist stets auf 100000 Th. Flufswasser berechnet worden.

Würde in diesen drei Jahreszeiten das Wasser des *Ganges* analysirt: so liefse sich für diesen grofsen Strom die Menge der dem Meere durch ihn in aufgelöstem Zustande zugeführten Bestandtheile berechnen.

[1]) Da das Meereis beim Schmelzen süfses Wasser gibt: so ist zu vermuthen, dafs beim Frieren des Flufswassers die löslichen Bestandtheile ausgeschieden werden. In diesem durch Versuche aufzuklärenden Falle würde das Flufswasser, wenn es Grundeis treibt, am reichsten an Bestandtheilen sein.

	1	2	3	4	5	6	7
	Rhein b. Basel Herbst.	Rhein bei Strafsburg.	Rhein b. Bonn März 1851.	Rhein b. Bonn März 1852.	Donau bei Wien 5. Aug. 1852.	Elbe bei Hamburg 1. Juni 1852.	Maas bei Hocht.
Kohlens. Kalk	12,79	13,56	3,24	9,46	8,37	6,98	13,69
Kohlens. Magnesia . .	1,35	0,50	1,22	0,65	1,50	0,39	2,70
Kieselsäure	0,21	4,88	2,05	0,89	0,49	0,54	2,00
Eisenoxyd	Spur	0,58	0,69	0,28	0,20		
Manganoxyd	—	—	0,04	—	—	0,12	0,50
Thonerde	Spur	0,25	0,10	—	—		
Schwefels. Kalk . . .	1,54	1,47		2,38	0,29	0,72	1,22
„ Magnesia . .	0,39	—		1,81	1,37		0,43
„ Kali . . .	—	—		—	0,20	—	—
„ Natron . .	0,18	1,35	3,89	0,16		—	—
Chlornatrium	0,15	0,20		1,45	—		1,50
Chlorkalium	—	—		—	Spur	3,94	—
Chlorcalcium	—	—		—			—
Chlormagnesium . . .	—	—		—	—		—
Kohlens. Natron . . .	—	—	—	—	—	—	—
Kieselsaures Kali . .	—	—	—	—	—	—	—
Salpeters. Salze . . .	—	0,38	—	—	—	—	—
Organ. Substanzen . .	0,33	—	—	—	—	—	Spur
	16,94	23,17	11,23	17,08	12,42	12,69	22,04
Directe Bestimmung .	—	—	—	—	14,14	—	—

Nro. 1. Pagenstecher. Meine Wärmelehre des Innern unsers Erdkörpers S. 124.

Nro. 2. Deville. Ann. de chim. et de phys. 1848. T. XXIII. p. 32.

Nro. 3. Bischof. Der *Rhein* war sehr angeschwollen und das Wasser sehr trübe. Die in reinem Wasser löslichen Bestandtheile wurden nicht analysirt, sondern ihre Menge nur überhaupt bestimmt.

Nro. 4. Bischof. Der *Rhein* war sehr niedrig, und das Wasser von normaler Klarheit.

Mit dieser Analyse stimmt eine von Gunning (Jahresber. 1854 S. 767) ausgeführte Analyse des Rheinwassers bei *Arnheim* nahe überein.

Nro. 5. Bischof. Die *Donau* war ziemlich klar, der Wasserstand 2 Fufs über Null am Pegel, die Temperatur des Wassers 18° R. Die Differenz zwischen der directen Bestimmung und der Summe der Bestandtheile ist hauptsächlich den organischen Substanzen zuzuschreiben, welche nicht direct bestimmt wurden. Der kohlensaure Kalk zeigte deutliche Spuren von Strontianerde. Alkalien waren nicht zu entdekken; die angegebenen schwefelsauren Alkalien wurden aus dem Schwefelsäure-Ueberschufs berechnet. Die geringe Menge präcipitirten Chlorsilbers ging zufällig verloren.

Nro. 6. Bischof. Die *Elbe* war trübe, der Wasserstand 7¼ Fufs bei Westwind, die Temperatur des Wassers 12° R. Eine halbe Stunde vor dem Schöpfen des Wassers war die Ebbe eingetreten. Die ganze

	8	9	10	11	12	13	14
	Maas bei Bocholt.	Maas bei Pierre-Bleue.	Maas bei Arendonck.	Rhone b. Genf 30. April.	Rhone bei Lyon Juli.	Rhone bei Lyon Febr	Genfersee.
Kohlens. Kalk	12,55	4.98	3.21	7.89	10,00	15.00	7.2
„ Magnesia . .	2,41	0,89	0,55	0,49	—	—	0.7
Kieselsäure	1,82	1.04	0,28	2,38	Spur	—	0.1
Eisenoxyd	—	—	—	—	—	—	—
Manganoxyd	0,50	0,24	0,23	—	—	—	—
Thonerde	—	—	—	0.39	—	—	—
Schwefels. Kalk . . .	1,36	2,03	1,24	4,66	0,60	2,00	2,6
„ Magnesia .	0,30	0,21	0,12	0,63	Spur	0,70	3.1
„ Kali . . .	—	—	—	—	—	—	—
„ Natron . .	—	—	—	0.74	—	—	—
Chlornatrium	1,40	1,00	0,92	0.17	Spur		—
Chlorkalium	—	—	—	—	Spur	0,70	—
Chlorcalcium	—	—	—	—	Spur		0,9
Chlormagnesium . . .	—	—	—	—	—		-
Kohlensaures Natron .	—	—	—	—	—	—	—
Kieselsaures Kali . . .	—	—	—	—	—	—	—
Salpeters. Salze . . .	—	—	—	0,85	—	Spur	—
Organ. Substanzen . .	Spur	Spur	—	—	Spur	Spur	0,6
	20.34	10,39	6,55	18,20	10,60	18,40	15.2

Menge des Rückstandes nach dem Abdampfen des Wassers betrug nur 8,5 Gran; die Bestimmung der in geringen Mengen vorkommenden Bestandtheile konnte daher keine genauen Resultate geben. Die geringe Menge präcipitirten Chlorsilbers ging wieder zufällig verloren.

Nro. 7—10. Chandelon Annales des travaux publics T. IX. Zwischen den übrigen 4 Analysen steht eine von Gunning angestellte Analyse des Maas-Wassers bei *Grave*. (Jahresber. 1854. 767).

Nro. 11. Deville a. a. O.

Nro. 12. Boussingault in dessen Agricultur-Chemie Bd. II.

Nro. 13. Dupasquier. Ebend.

Nro. 14. Tingry. Ebend.

	15	16	17	18	19	20	21
	Garonne bei Toulouse 16. Juli.	Loire bei Orleans.	Seine b. Bercy 17. Juni.	Seine oberhalb Paris.	Themse bei Greenwich 1. Jan.	Themse bei Twickenham 18. Dec 1847.	Themse bei Lond.-Bridge 13. Oct. 1848.
Kohlens. Kalk	6,45	4,81	16,35	11,3	20,54	18,23	11,56
„ Magnesia	0,34	0,61	0,27	0,4	—	1,47	—
Kieselsäure	4,01	4,06	2,44	0,5	1,13	0,39	0,18
Eisenoxyd	0,31	0,55	0,25	—	Spur	Spur	Spur
Manganoxyd	0,30	—	—	—	—	—	—
Thonerde	—	0,71	0,05	—	—	Spur	Spur
Schwefels. Kalk	—	—	2,69	3,6	2,84	3,70	4,56
„ Magnesia	—	—	—	0,6	2,85	—	—
„ Kali	0,76	—	0,50	—	1,96	0,95	—
„ Natron	0,53	0,34	1,23	—	0,21	—	—
Chlornatrium	0,32	0,48	—	—	4,44	2,34	3,65
Chorkalium	—	—	—	—	—	—	0,33
Chlorcalcium	—	—	—	1,0	—	—	6,24
Chlormagnesium	—	—	—	0,8	—	—	—
Kohlens. Natron	0,65	1,46	—	—	—	—	—
Kieselsaures Kali	—	0,44	—	—	—	—	—
Salpeters. Salze	—	—	1,46	Spur	—	—	—
Organ. Substanzen	—	—	—	Spur	5,82	4,97	10,00
	13,67	13,46	25,24	18,2	39,79	32,05	36,52

Nro. 15. Deville a. a. O.

Nro. 16. Deville a. a. O.

Nro. 17. Deville a. a. O.

Nro. 18. Bouchardat. Boufsingaults Agricultur-Chemie. Auch Poggiale (Jahresber. 1855, 811) hat das Wasser der *Seine* zu verschiedenen Zeiten (Decemb. 1852 bis Decemb. 1853) untersucht. Die durchschnittlichen Werthe weichen wenig ab von Nro. 18.

Nro. 19. Bennett. Quart. Chem. Journ. T. II. p. 199. Die als Bestandtheile aufgeführten Chlorcalcium, Chlormagnesium und schwefelsaures Natron wurden auf Chlornatrium, schwefelsauren Kalk und schwefelsaure Magnesia reducirt.

Nro. 20. Clark. Ebend. T. II. p. 76. Auch hier wurden Chlorcalcium und schwefelsaures Natron auf Chornatrium und schwefelsauren Kalk reducirt.

Nro. 21. Ashlay. Ebend. T. I. p. 158. Das Wasser wurde ½ Stunde nach dem höchsten Wasserstande der Fluth geschöpft. Diese Analyse ist gewifs nicht richtig. Selbst nachdem das Chlorcalcium und das schwefelsaure Natron auf Chlornatrium und schwefelsauren Kalk reducirt worden, blieb doch noch die ungewöhnliche Menge von 6,24 Chlorcalcium übrig. Die beiden vorhergehenden Analysen, so wie die folgenden, geben aber diesen Bestandtheil gar nicht an.

	22	23	24	25	26	27	28
	Themse, Ditton.	Themse bei Kew.	Themse bei Barnes.	Themse bei Red-House, Battersea.	Themse bei Red-House Battersea.	Themse bei Lambeth.	Exe bei Exeter.
Kohlens. Kalk	16,84	15,57	14,20	13,26	15,10	12,84	1,28
„ Magnesia . .	1,81	1,67	1,66	1,54	1,84	2,05	0,09
Kieselsäure	0,89	0,63	1,43	1,01	1,09	1,49	Spur
Eisenoxyd	0,13	0,96	1,09	0,41	0,49	1,21	—
Manganoxyd	—	—	—	—	—	—	—
Thonerde	—	—	—	—	—	—	—
Schwefels. Kalk . . .	4,37	4,66	6,83	8,01	4,36	4,27	4,34
„ Magnesia . .	—	—	—	—	—	—	0,23
„ Kali . . .	0,24	0,87	0,69	—	1,91	1,36	—
„ Natron . .	—	0,26	—	—	—	—	0,11
Chlornatrium	1,57	2,00	2,69	2,10	2,84	2,79	6,05
Chlorkalium	0,96	—	—	0,79	—	—	—
Chlorcalcium	—	—	—	—	—	—	Spur
Chlormagnesium . . .	—	—	—	—	—	—	0,91
Kohlens. Natron . . .	—	—	—	—	—	—	—
Kieselsaures Kali . . .	—	—	—	—	—	—	—
Salpeters. Salze . . .	0,39	Spur	Spur	Spur	0,50	Spur	0,23
Organ. Substanzen . .	3,27	4,39	3,93	3,40	2,20	3,70	2,30
	30,47	31,01	32,52	30,52	30,33	29,71	15,54
Directe Bestimmung . .	29,69	31,03	32,39	30,40	30,11	29,14	—
Schwebende Theile . .	—	0,01	0,03	—	2,74	1,64	—

Nro. 22—27. Graham, Miller and Hofmann. Report by the Goverment Commission on the chemical quality of the supply of water to the *Metropolis. London* 1851.

Mit Nro. 25 stimmen zwei neuere von Witt im Mai und Juni 1855 ausgeführte Analysen des Themsewassers bei *Kingston* und bei *Chelsea* ziemlich überein. (Jahresber. 1856 S. 774).

Diese neun Analysen des Themse-Wassers geben eine gröfsere Menge Chlornatrium, als sie in andern Flufswassern gefunden wurde; est ist daher nicht zu zweifeln, dafs dieses Salz grofsentheils von der Vermischung mit Meerwasser zur Zeit der Fluth herrührte. Auch der schwefelsaure Kalk ist sehr vorherrschend; ein Theil desselben mag daher denselben Ursprung haben. Auffallend ist indefs, dafs nur Nro. 19 schwefelsaure Magnesia nachweiset, und dafs Chlormagnesium in keiner dieser Analysen angegeben ist. Sollten vielleicht, weil in Nro. 22—27 schwefelsaure Alkalien als Bestandtheile auftreten, die Magnesiasalze durch kohlensaure Alkalien, welche in den Abflüssen aus chemischen Fabriken von *London* und seinen Umgebungen in grofser Menge in die *Themse* kommen, zersetzt werden?

Bemerkenswerth ist, dafs die Analysen Nro. 22—27 8,25 bis 11,88 Th. freie Kohlensäure in 100000 Th. Wasser angeben. Es könnten also noch viel gröfsere Quantitäten kohlensauren Kalks, als gefunden wurden, aufgelöst werden.

	29	30	31	32	33	34	35
	Weichsel bei Culm 4. März 1853.	Weichsel bei Schwetz 1. April 1853.	Dee b. Aberdeen Sept. 1850.	Don b. Aberdeen.	Lütschin bei Grindelwald Herbst.	Möll bei Heiligenbl. 3844 F. ü. d. Meere.	Oetz b. Vent 5791 F. über dem Meere
Kohlens. Kalk	11,94	11,53	1,22	3,11	4,05	0,84	0,450
„ Magnesia	1,90	unlös-	--	—	0,19	0,35	0,005
Kieselsäure	0,80	liche	0,20	0,86	0,35	0,72	0,868
Eisenoxyd		Be-	—	—	—	0,10	—
Manganoxyd	0,11	stand-	—	—	—	0,32	—
Thonerde		theile	-	—	0,10	Spur	Spur
Schwefels. Kalk	1,03	1,99	0,17	0,24	3,07		1,301
„ Magnesia	1,20	lösliche	0,46	1,43	1,49	Spur	Spur
„ Kali	—	Be-	—	—	—		—
„ Natron	—	stand-	--	—	0,73		—
Chlornatrium	0,70	theile	0,96	1,89	—	0,09	0,043
Chlorkalium	0,13						
Chlorcalcium	—	—	—	—	—	—	—
Chlormagnesium	—	—	—	—	—	—	—
Phosph. Kalk u. Eisen	—	—	0,11	0,54	—	—	—
Salpeters. Salze	—	—	—	—	—	—	—
Organ Substanzen	2,24	—	2,60	4.28	--	—	—
Schwebende Theile	5,82	2,53	—	—	—	0,19	0,853
	25,87	16,05	5,72	12,35	9,98	2,61	3,520
Directe Bestimmung	20,35	—					

Nro. 28. Th. J. Herapath. Chem. Gazette 1848. p. 429. Der bedeutende Gehalt an Chlornatium und schwefelsaurem Kalk und die geringe Menge kohlensauren Kalks zeigen deutlich, dafs dieses Flufswasser mit vielem Meerwasser gemischt war.

Nro. 29. Bischof. J. Ammon, Apotheker in *Culm*, hatte die Güte 84 Med. Pfund Wasser aus der *Weichsel* abzudampfen, und mir den hellbraunen Rückstand zur Analyse zu senden. Die Temperatur des Wassers beim Schöpfen war 0° und der Wasserstand 5 Fufs 7 Zoll. Dieser war überhaupt im Jahre 1852 und im darauf folgenden Winter ein ungewöhnlich niedriger. Als im Februar 1853 Frostkälte eintrat, bildete sich zwar eine Eisdecke auf dem Strome; ganze Strecken desselben blieben aber frei vom Eise. An einer offnen Stelle wurde das Wasser zur Analyse am 4. März geschöpft. Es ist daher anzunehmen, dafs zu dieser Zeit der Gehalt an Bestandtheilen das Maximum erreicht haben möchte. Da indefs vor dem Schöpfen in dortiger Gegend viel Schnee gefallen war und darauf schöne warme Tage eintraten: so schmolz der Schnee bei Tage, wodurch der *Weichsel* viel Schneewasser zugeführt wurde. Dieses Wasser war bedeutend, wie Ammon daraus schlofs, dafs der Strom bei *Graudenz*, das nur 4 Meilen stromabwärts entfernt ist, mehrere Fufs höher stand, als bei *Culm*. Daher vermuthete er, dafs das Wasser an Bestandtheilen doch ärmer gewesen sein möchte, als bei gleich niedrigem Wasserstande im Sommer.

Auffallend ist die bedeutende Menge an organischen Bestandtheilen. Dieselbe ist übrigens jedenfalls zu gering bestimmt worden; denn die Flüssigkeit vom Auslaugen des Rückstandes war gefärbt wie Madera-Wein, die Auflösung des unlöslichen Rückstandes in Salzsäure war dunkelgelb und alle Niederschläge waren nach dem Erhitzen grau, selbst schwarz. Die Differenz zwischen der directen Bestimmung und der Summe der ausgeschiedenen Bestandtheile rührt gewifs gröfstentheils von zerstörten organischen Substanzen her: so dafs der ganze Betrag derselben auf 2,54 steigen wird. Diese bedeutende Menge organischer Substanzen rührt wohl meist davon her, dafs die *Weichsel* in ihrem Lauf durch weite Strecken uncultivirten Landes fliefst, und daher, wie die grofsen Ströme *America's*, viele faulende organische Ueberreste aufnimmt. Im Kap. VIII werden wir sehen, dafs auch die schwebenden Theile des Wassers der *Weichsel* sehr reich an organischen Ueberresten waren.

Der in diesem Wasser aufgelöste kohlensaure Kalk zeigte eine sehr deutliche Reaction auf Strontian. Als die geglühten löslichen Bestandtheile zur Sonderung von der kohligen Masse ausgelaugt wurden, zeigte das Wasser eine deutliche alkalische Reaction. Die Gegenwart der schwefelsauren Erdsalze im Wasser macht es sehr schwierig, die Ursache dieser Reaction aufzufinden.

Nro. 30. Bischof. Mein Freund Assessor Jos. Ziegler, war so gefällig, Wasser aus der *Weichsel*, vier Wochen später bei *Schwetz*, *Culm* gegenüber, zu schöpfen, und mir davon 12 Pfd. zuzusenden. Durch das Eis, welches damals noch ganz fest stand, wurde an einer Stelle, wo Strömung war, ein Loch geschlagen und das Wasser geschöpft. Die Temperatur war 0°, und das Wasser war etwas trübe. Als es in *Bonn* ankam, hatte sich ein brauner Absatz gebildet; nach einigen Wochen war es aber ganz klar geworden. Da die Menge des Wassers zu einer vollständigen Analyse zu gering war: so habe ich mich blos auf die Bestimmung der löslichen und unlöslichen Bestandtheile und der schwebenden Theile beschränkt. Es erscheint auffallend, dafs die Bestandtheile in diesem Wasser nur $^2/_3$ so viel, als in dem am 4. März geschöpften betrugen. Da aber nach Ammon's Mittheilungen wenige Tage nachher der Strom in Folge einer Eis-Stopfung sehr bedeutend anschwoll, und bald darauf wieder starker Frost eintrat, so dafs nicht blos das alte Eis stehen blieb, sondern sich eine neue Eisdecke bildete: so mag das am 1. April für die zweite Analyse geschöpfte Wasser zwischen den beiden Eisdecken genommen worden sein. Dieses Wasser würde aber vorzugsweise von dem in der Zwischenzeit angeschwollenen Strom hergerührt haben, und daher mit vielem Schneewasser verdünnt gewesen sein. Der Wasserstand des Stroms war auch Anfangs April über 7 Fufs. Solche Umstände verdienen Berücksichtigung, wenn bei künftigen Analysen das Wasser der Flüsse zur Winterszeit geschöpft wird, um das Maximum der Bestandtheile zu finden.

	36	37	38	39	40	41	42
	Aar bei Bern Herbst.	Arve August.	Arve Febr.	Doubs.	Marne.	Therouenne.	Gergogne.
Kohlens. Kalk	15,22	5,2	8,3	19,10	10.5	26,2	18,0
„ Magnesia	1,68	0,4	1,2	0.23	0,9	—	—
Kieselsäure	0,27	0,1	0,2	1,59	0,6	—	—
Eisenoxyd	Spur	—	—	Spur	—	—	—
Manganoxyd	—	—	—	—	—	—	—
Thonerde	—	—	—	—	—	—	—
Schwefels. Kalk	1,74	3,2	6,5	—	3,1	2,0	1,5
„ Magnesia	2,60	2,9	6,2	—	1,2	—	—
„ Kali	—	—	—	—	—	—	—
„ Natron	0,09	—	—	0,51	—	—	—
Chlornatrium	} 0,03	—	—	0,23	—	—	0,9
Chlorkalium		—	—	—	—	—	—
Chlorcalcium	—	—	—	—	—	} 3,6	1,5
Chlormagnesium	—	0,7	1,5	0,05	1,7		
Phosph. Kalk und Eisen	—	—	—	—	—	—	—
Salpeters. Salze	—	—	—	0,80	—	—	—
Organ. Substanzen	Spur	0,3	0,4	—	Spur	—	—
Schwebende Theile	—	—	—	—	—	—	—
	21,63	12,8	24,3	22,51	18,0	31,8	21,9

Nro. 31. John Smith. Chem. Gazette 1841. p. 157. Die Quellen des *Dee* liegen mitten im Granit. Das Wasser ist drei Tage nach einem starken Regen geschöpft worden.

Nro. 32. J. Smith. Ebend. Der *Don* fliefst auch über Granit, aber häufiger über Kalkstein in seinem weiteren Laufe als der *Dee*. Das Wasser ist etwa 1 Meile vor seinem Einflusse in das Meer geschöpft worden. Eine weiter aufwärts gesammelte Probe enthielt weniger feste Bestandtheile.

Nro. 33. Pagenstecher a. a. O. Die *Lütschine* kommt aus dem untern *Grindelwald*-Gletscher und fliefst in die *Aar*.

Nro. 34. Schlagintweit, Herman und Adolph, Untersuchungen über die physikal. Geographie der *Alpen*. 1850. p. 298. Die *Möll* kommt aus dem *Pastern*-Gletscher und fliefst in die *Drau* bei *Möllenbruck*.

Nro. 35. Schlagintweit. Ebend. Die *Oetz*, ein beträchtlicher Gletscher-Bach, kommt aus dem *Hintereis- Hochjoch-* und *Vernagt*-Gletscher und fliefst $5\frac{1}{2}$ Meilen oberhalb *Innsbruck* in den *Inn*.

Diese beiden Flüsse entspringen in der Kette krystallinischer Schiefer.

Nro. 36. Pagenstecher a. a. O.

Nro. 37—38. Tingry, Boufsingault. Agric. Die *Arve* nimmt alle Gletscherwasser des *Chamounithales* auf.

Nro. 39. Deville a. a. O.

Nro. 40—42. Bouchardat, Boufs. Agric.

	43	44	45	46	47	48	49
	Bievre bei Paris.	Ouroy bei St. Denis.	Yonne bei Avallon	Beuvronne.	Vesle b. Chateau-d'Eau 23. Jan. 1849.	Vesle b. Chateau-d'Eau 12. Juni 1849.	Vesle b. Saint Brice 18. Juni 1849
Kohlens. Kalk	13,6	17.5	4,3	25,7	16,55	16,43	17.47
„ Magnesia . .	—	2.0	—	—	—	—	—
Kieselsäure	—	2,0	1,9	—	0,18	0,18	0.16
Eisenoxyd	—	—	—	—	0,36	0,42	0.52
Manganoxyd	—	—	—	—	—	—	—
Thonerde	—	—	—	—	0,11	0.12	0.14
Schwefels. Kalk . . .	25,1	15,3	Spur	20,3	—	—	—
„ Magnesia .	—	7,0	—	—	—	—	—
„ Kali . . .	—	—	—	—	0,27	0,27	1,36
„ Natron . .	—	—	—	—	—	—	—
Chlornatrium	1,2	—	—	} 8,5 (Chlornatrium, Chlorkalium, Chlorcalcium)	0.56	0.59	0,95
Chlorkalium	—	—	—		0,22	0.30	0.33
Chlorcalcium	} 10,9 (Chlorcalcium, Chlormagnesium)	4,0	1,5		—	—	—
Chlormagnesium . . .		—	Spur	—	—	—	—
Phosph. Kalk und Eisen	—	—	—	—	—	—	—
Salpeters. Salze . . .	—	Spur	—	—	—	—	0.18
Organ. Substanzen . .	—	Spur	Spur	—	0,79	0,82	0.72
Schwebende Theile . .	—	—	—	—	—	—	—
	50,8	47,8	7,7	54,5	19,04	19.13	21.83

Nro. 43–46. Colin. Ebend.

Nro. 47–49. Maumené. Compt. rend. T. XXXI. P. 270. Dieser Chemiker fand alle Flufswasser in der Gegend von *Rheims* frei von Magnesia.

	50	51	52	53	54	53a	54a
	Suippe.	Mississippi b. Carrollton August 1856.	Delaware b. Trenton Sept. 1855.	Ottowa-Fluſs b. St. Anne 9. März 1854.	St. Lorenz-strom b. Vandreuil 30. März 1854.		
Kohlensaurer Kalk	15,72	12,50 (Kalk u. Magnesia)	2.23	2,480	8,033	2,480	8,083
„ Magnesia	--		1.52	0,696	2,537	0,696	2,537
„ Kali	—	—	0,29	—	—	—	—
Schwefels. Kalk	—	—	0,32	—	—	—	—
Kieselsäure	0,25	4,20	0,85	2,060	3,700	2,060	3,700
Eisenoxyd	0,53	—	0,05	—	—	—	—
Thonerde	0,20	3,00	—	—	—	—	—
Thonerde und Eisenoxyd	—	—	—	—	—	Spur	Spur
Mangan u. Phosphorsäure	—	—	—	—	—		
Chlornatrium	0,59	—	0,18	0,607	0,220	—	0,225
Chlorkalium	0,38	5,40 (Chlorkalium, Chlorcalcium, Schwefels. Kali)	0,02	0,293	1,280	0,106	0,220
Chlorcalcium	—		—	—	—	—	—
Schwefels. Kali	0,37		—	—	—	0,122	—
„ Natron	—	—	—	—	—	1,188	1,229
Kohlens. Natron	—	—	—	—	—	0,410	0,061
Phosphors. Kalk	—	—	0,24	—	—	—	—
Chlor	—	—	—	0,076	0,242	—	—
Schwefelsäure	—	—	—	0.161	0,687	—	—
Organ. Substanzen	1,07	1,40	1,09	—	—	—	—
Gesammtgehalt an fester Substanz	—	26,36	6,06	—	—	—	—
Rückstand, getrocknet b. 300° F.	—	—	—	6,975	16,780	—	—
Rückstand geglüht	—	—	—	5,340	15,380	—	—
	19,11					6,116	16,055

Nro. 50. Maumené. Ebend.

Diese vier Flüsse ergieſsen sich in die *Seine*.

Nro. 51. Wurtz Jahresber. 1857. S. 729.

Nro. 52. Avequin. Ebend.

Nro. 53. von J. S. Hunt. Chlor und Schwefelsäure können etwa die Hälfte der alkalischen Basen neutralisiren; der Rest ist nach dem Verf. entweder in Verbindung mit Kieselsäure oder den vorhandenen organischen Säuren.

In Nr. 53a sind Kalk und der Rest der Alkalien als Carbonate angenommen.

Nro. 54. von Hunt. Mehr Schwefelsäure und Chlor im Verhältniſs als in 53, aber auch nicht hinreichend zur Sättigung der alkalischen Basen. In dem concentrirten Wasser ist die geringe Menge Kalk wahrscheinlich als kieselsaurer Kalk gelöst; die unlösliche kieselsaure Magnesia schied sich beim Abdampfen ab. 54a wie in 53a angenommen.

Da die Flüsse 1 bis 30 sich unmittelbar in's Meer ergieſsen: so bieten sie einen Maſsstab für die mineralischen Bestandtheile dar, welche im aufgelösten Zustande dem Meer zugeführt werden.

Die Menge der aufgelösten Bestandtheile des Wassers der *Maas* vermindert sich bedeutend mit der Entfernung von *Hocht;* dagegen beträgt die der schwefelsauren Kalkerde in dem Wasser bei *Pierre-Bleue* ungefähr 3 Mal so viel als in dem bei *Hocht* und bei *Bocholt,* welches, nach Chandelon, wahrscheinlich der Nachbarschaft der Braunkohlen oder anderer Eisenkies haltiger Gesteine zuzuschreiben ist. Woher jene bedeutende Verminderung rührt, darüber erklärt er sich nicht.

Herman und Adolph Schlagintweit (a. a. O.) fanden in der aus Kalkstein entspringenden Quelle der *Drau* bei *Innichen* (in 4198 F. Meereshöhe) 68,14 mineralische Bestandtheile in 100000 Wasser, und bemerken, daſs dieser Fluſs bald nach seinem Ursprunge Kalktuff absetzt. Sollten diese Bestandtheile ganz oder gröſstentheils aus kohlensaurem Kalk bestehen: so könnte man sich wohl diesen Absatz erklären; denn das Wasser würde dann nahe mit kohlensaurem Kalk gesättigt sein.

Sehr weit von diesem Sättigungszustande entfernt sind nachbenannte Flüsse, welche im Kalkgebirge entspringen.

100000 Th. Wasser enthalten kohlens. Kalk.

der *Ammer*	43	Schübler in Kastners Archiv B.V.S. 12.
des *Neckar*	45,6	
der *Pader*	25,3	Bischof.
der *Lippe*	22,6	
der *Alme*	18,0	

Aus vorstehenden Analysen ergeben sich folgende Resultate:

1) Unter allen mineralischen Bestandtheilen dieser Flüsse kommt stets der kohlensaure Kalk in gröſster Menge vor; nur die *Exe* macht eine Ausnahme, welches indeſs, wie schon bemerkt worden, ohne Zweifel von der Beimischung von Meerwasser herrührt. In der *Loire* beträgt er 35, in der *Themse* 43—57, im *Genfersee* 47, in der *Elbe* 55, in der *Maas* 48 bis 62, im *Rhein* bei gewöhnlichem Was-

serstande 55 bis 75, in der *Weichsel* 60, in der *Donau* 67, in der *Aar* und in der *Seine* 75, und in der *Rhone* bei *Lyon* 82 bis 94 Proc. von allen mineralischen Bestandtheilen. Die mächtigen Kalkgebirge, welche die meisten dieser Flüsse durchströmen, erklären diese bedeutenden Mengen kohlensaurer Kalkerde. Die Wasser des *Rheins*, der *Maas*, der *Rhone* und der *Seine* zeigen, wie sehr dieses Carbonat bei verschiedenen Wasserständen variirt.

Es ist interessant zu sehen, wie gerade dieser Bestandtheil der Flüsse, von dem wir entschieden wissen, dafs ihn die Muschelthiere aus dem Meerwasser immerfort abscheiden, demselben in gröfster Menge zugeführt wird. Nimmt man 9,46 kohlensauren Kalk für das jährliche Mittel im Rheinwasser: so findet sich nach Hagen's Ermittelung der bei *Emmerich* vorbeiströmenden Wassermasse dieses Stroms, dafs er so viel kohlensauren Kalk dem Meere zuführt, dafs jährlich 332539 Millionen Austern von gewöhnlicher Gröfse ihre Schalen davon bauen können.

2) Die im Verhältnisse zum kohlensauren Kalk nur in geringer Menge in den Flüssen vorkommende kohlensaure Magnesia entspricht der geringen Menge, in welcher sich dieses Carbonat in der Regel in den Kalksteinen findet. Wo die Flufsgebiete Dolomit und dolomitischen Kalkstein durchschneiden, da tritt die kohlensaure Magnesia in etwas gröfserer Menge in den Flüssen auf. So finden wir dolomitischen Kalkstein in den *Berner Alpen*, in *Bündten* und in den Umgebungen des *Montblanc*, und daher tritt auch die kohlensaure Magnesia in der *Aar*, im *Rhein* und in der *Arve* etwas mehr hervor. Aber selbst dann, wenn Quellen und Flüsse ganz im Dolomit entspringen, dürfte ihr Gehalt an kohlensaurem Kalk gegen den der kohlensauren Magnesia doch stets vorherrschend sein, weil, nach meinen Versuchen, Kohlensäure haltendes Wasser aus dolomitischen Kalksteinen gar keine oder doch nur schwache Spuren kohlensaurer Magnesia auszieht.

3) In den sich unmittelbar in das Meer ergiefsenden Strömen tritt unter den Salzen der schwefelsaure Kalk, nächst dem kohlensauren Kalk in gröfster Menge auf. Nur in einigen kleinen Flüssen, wie in 15, 16, 34, 39, 47 bis 50 fehlt dieses Salz. Wir würden es in gröfserer Menge als

den schwerer löslichen kohlensauren Kalk finden, wenn nicht Gypsgebirge im Verhältnifs zu den Kalkgebirgen nur in sehr untergeordneten Massen vorkämen. Wo, wie im Flufsgebiete des *Ourcy*, des *Bievre* und der *Beuvronne*, die Gypsgebirge sehr hervortreten, da kommt auch der Gehalt an schwefelsaurem Kalk dem des kohlensauren Kalk sehr nahe, oder übertrifft ihn sogar. Die im Verhältnisse zum kohlensauren Kalk so bedeutende Menge schwefelsauren Kalks in der *Arve* findet ihren Ursprung in den Gypsmassen auf der Westseite des *Montblanc* und in *Chamouni*[1]). Der in der *Rhone* bei *Genf*, so wie im *Genfersee* hervortretende schwefelsaure Kalk findet gleichfalls seinen Ursprung in den, die Schiefer begleitenden Gypsmassen in *Wallis* aufwärts bis zum *Gotthard*[2]). Woher der im Verhältnisse zum kohlensauren Kalk so bedeutende Gehalt an schwefelsaurer Kalkerde im Wasser der *Lütschine* rührt, scheint durch geognostische Untersuchungen noch nicht nachgewiesen zu sein. Ebel[3]) fand jedoch am Rande des grofsen Gletschers bei *Grindelwald* einen sehr schönen Ala-

[1]) B. Studer Geologie der *Schweiz* B. I. S. 411.

[2]) Ebend. Die viel geringere Menge schwefelsaurer Kalkerde in dem Wasser der *Rhone* bei *Lyon* als bei *Genf* scheint auf einer ungenauen Bestimmung zu beruhen; denn da sich dieses Salz durch die *Arve* in diesem Flusse noch vermehrt: so ist nicht zu vermuthen, dafs er durch die viel weniger wasserreiche *Saone* so verdünnt werden sollte, dafs der Gehalt an schwefelsaurem Kalk bedeutend abnehmen könnte. Auch die Vergleichung der Verhältnisse der schwefelsauren Kalkerde mit denen der schwefelsauren Magnesia in den drei Analysen des *Rhonewassers* und der Analyse des Wassers des *Genfersee's* zeigt solche Differenzen, dafs man auf Fehler in der Bestimmung dieser schwefelsauren Salze schliefsen mufs. Darf man der Analyse Nr. 11. das meiste Vertrauen schenken, so ist zu schliefsen, dafs das in derselben angegebene Verhältnifs der schwefelsauren Kalkerde zur schwefelsauren Magnesia auch im Wasser des *Genfersee's* stattfinden werde. Da die Veränderungen im Wasserstande dieses See's jährlich nur 5 bis 6 Fufs betragen, da diese Veränderungen im Verhältnisse zu seiner bis auf 950 Fufs steigenden Tiefe verschwinden: so wird die gröfsere oder geringere Menge an mineralischen Bestandtheilen, welche ihm durch die *Rhone* zugeführt wird, seinen Gehalt nicht merklich ändern.

[3]) Anleitung die *Schweiz* zu bereisen. Zweite Aufl. B. II. S. 430.

baster. Jedenfalls mufs der Kalkstein unter diesem Gletscher bedeutende Massen von Gyps enthalten [1]). Die schwefelsaure Kalkerde findet sich auch noch in beträchtlicher Menge in der *Aar* bei *Bern*, welches dem Vorkommen des Gyps am *Thunersee*, der sich von hier aus unter der Kette des *Niesen* fortzieht [2]), entspricht. Der schwefelsaure Kalk im *Rhein-Wasser* wird wohl nicht blos durch die *Aar* zugeführt, sondern rührt auch vom Gyps in *Graubündten* her [3]).

4) Auffallend ist der bedeutende Gehalt an schwefelsaurer Magnesia in mehreren der angeführten Flüsse, wie in der *Aar* und in der *Arve*. Wenn auch dieser Gehalt zum Theil von einer ungenauen Scheidung der Kalkerde von der Magnesia herrühren möchte: so hat doch auch die Analyse des *Rhein*-Wassers No. 4, wobei ich alle Sorgfalt auf die Scheidung beider Erden von einander gerichtet habe, eine Menge schwefelsaurer Magnesia geliefert, welche der der schwefelsauren Kalkerde sehr nahe kommt. Im Wasser der *Donau* übertrifft sogar die Menge der ersteren die der letzteren. Auf der anderen Seite ist die gänzliche Abwesenheit der schwefelsauren Magnesia in den Analysen des *Themse*-Wassers No. 22—27, deren nahe übereinstimmende Resultate auf eine sehr sorgfältige Ausführung derselben schliefsen lassen, sehr bemerkenswerth.

5) Die Menge der Chlorüre, welche durch die Flüsse dem Meere zugeführt werden, ist, wenn man die *Themse* und die *Exe*, deren gröfserer Gehalt an diesen Salzen offenbar vom Meerwasser herrührt, ausnimmt, sehr gering [4]).

1) In den Morainen der Gletscher kann man häufig die Gesteine von den höchsten unzugänglichen Felsen der Centralkette kennen lernen. Von den unter den Gletschern verborgenen Gesteinen finden sich aber nur zermalmte Brocken, Sand und Grufs in dem Bette der Gletscherbäche. Hier kann die chemische Analyse der Gletscherbäche die geognostischen Untersuchungen ergänzen. Durch sie ist namentlich zu ermitteln, ob Gyps und andere leichtlösliche Salze in der Unterlage der Gletscher vorhanden sind.

2) Ebel a. a. O. B. III. S. 253.

3) Studer a. a. O.

4) Wenige kleine Flüsse, welche besonders reich an Kochsalz und anderen Chlorüren sind, machen eine Ausnahme von dieser Regel. Diese Flüsse ergiefsen sich aber selten unmittelbar in das Meer.

Sie gelangen daher in viel geringerer Menge in das Meer, und mehren sich in demselben in viel geringerem Verhältnisse als der schwefelsaure Kalk und die schwefelsaure Magnesia. Auch die schwefelsauren Alkalien, welche dem Meere zugeführt werden, wandeln sich durch dessen Chlormagnesium in schwefelsaure Magnesia um.

6) Da kohlensaure Alkalien so häufige Bestandtheile der Quellen, und, besonders in Mineralquellen, oft die vorwaltenden sind, da aber unter den analysirten Flufswassern kohlensaures Natron nur in der *Garonne* gefunden wurde: so haben die den übrigen Flüssen zugeführten kohlensauren Alkalien die erdigen Salze (schwefelsauren Kalk, schwefelsaure Magnesia, Chlorcalcium und Chlormagnesium) theilweise zersetzt.

7) Da ein Silicat nur in der *Loire* angeführt ist, Kieselsäure aber in allen Flufswassern vorkommt: [1]) so ist mit gutem Grunde zu vermuthen, dafs sich Silicate in allen finden und dem Meere zugeführt werden.

8) Die Menge der organischen Substanzen, welche in das Meer durch die Flüsse gelangen, ist nicht unbedeutend, wie dies namentlich die Analysen des Themse-Wassers, in denen dieselben quantitativ bestimmt wurden, zeigen. Diese organischen Substanzen sind es ohne Zweifel, welche, nebst den durch das Absterben der Thiere und Pflanzen im Meere erzeugten Ueberreste, die Zersetzung der zugeführten schwefelsauren Salze bewirken, und so das Gleichgewicht wieder herstellen.

Da die oben angeführten Flüsse und ihre Nebenflüsse alle sedimentären und krystallinischen Gesteine durchströmen: so ist mit grofser Wahrscheinlichkeit anzunehmen, dafs im Allgemeinen alle übrigen Flüsse auf der

---

[1]) Die gröfsten Mengen Kieselsäure finden sich in den Analysen von Deville und in meiner Analyse des Rheinwassers. Da die mittlere Menge Kieselsäure in jenen Analysen sehr nahe mit der mittleren mehrerer Quell- und Brunnenwasser, welche gleichfalls von Deville analysirt wurden, übereinstimmt: so kann der viel geringere oder gar fehlende Kieselsäure-Gehalt in den anderen Flufswassern nur von einer fehlerhaften Bestimmung herrühren. Es ist klar, dafs nur nach anhaltendem Regen oder nach dem Schmelzen des Schnee's dieser Gehalt in den Flüssen unter den der Quellen herabsinken kann.

Erde nahe dieselben relativen Quantitäten mineralischer Bestandtheile dem Meere zuführen werden.

Dafs die mineralischen Bestandtheile der Flüsse, so lange sie fliefsen, stets in denselben Verhältnissen vorhanden waren, ist nicht anzunehmen; denn die leichtlöslichen Salze wurden aus den Gesteinen gröfstentheils zuerst ausgelaugt. Die Chlorüre, womit die sedimentären Gesteine, welche sich im Meere abgesetzt haben, getränkt waren, sind daher demselben gröfstentheils schon längst wieder zugeführt worden. Die schwerlöslicheren Bestandtheile, der kohlensaure Kalk und der schwefelsaure Kalk waren dagegen gewifs nahe in denselben Verhältnissen stets in den jetzigen Flüssen gegenwärtig; denn noch jetzt sind Kalk- und Gypsgebirge in grofser Ausdehnung vorhanden.

Dafs die mineralischen Bestandtheile der Flüsse grofsen Schwankungen unterworfen sind, wurde schon oben bemerkt. In den vorstehenden Analysen zeigen der *Rhein*, die *Rhone* und die *Seine*, welche zu verschiedenen Zeiten, aber auch an verschiedenen Orten untersucht wurden, diese Schwankungen. Das Rheinwasser No. 3, welches kaum halb so viel Bestandtheile enthält als No. 2, wurde geschöpft, als der Strom durch den geschmolzenen Schnee sehr angeschwollen war. In dem bei niederem Wasserstande geschöpften Wasser No. 4 zeigt sich dagegen bei Vergleichung mit No. 3 wieder eine bedeutende Zunahme.

Der *Dee* (No. 31) zeigt eine ungewöhnlich geringe Menge mineralischer Bestandtheile, welche bis auf 3,12 herabsinkt, wenn man die organischen Substanzen abzieht. Krystallinische Gesteine, welche, wie der Granit, keine Kalksilicate enthalten, können hauptsächlich nur durch Zersetzung von Feldspath, Kieselsäure und kieselsaure und kohlensaure Alkalien den Gewässern liefern. Der *Don* (No. 32) enthält, nach Abzug der organischen Substanzen, auch nur 8,07 mineralische Bestandtheile. Der gröfsere Gehalt an kohlensaurem Kalk rührt davon her, dafs er mit mehr Kalksteinen in Berührung kommt. Der verhältnifsmäfsig grofse Gehalt an Chlorüren ist wohl, wie bei der *Themse*, der Vermischung mit Meerwasser zur Zeit der Fluth zuzuschreiben.

No. 34 und 35 zeigen, wie wenige mineralische Bestandtheile die Gletscherbäche aufzulösen vermögen, wenn die Unterlage der Gletscher nicht Kalkstein ist. Es ist auch begreiflich, dafs das durch Schmelzen des Gletschereises entstehende und in grofser Menge unter den Gletschern abfliefsende Wasser weniger Bestandtheile auflösen kann, als Quellwasser, welche in engen Kanälen und in vielfacher Berührung mit den Gesteinen fliefsen. Wie aber diese Bestandtheile sehr bedeutend zunehmen, wenn die Gletscherbäche auf Kalkstein fliefsen, zeigt No. 33.

Die Gletscher schmelzen nur im Sommer ab, und desto mehr, je heifser er ist; denn das wenige Wasser, was aus ihnen im Winter abfliefst, ist nur Quellwasser. Schwellen daher die Alpenströme zur Sommerzeit durch die Gletscher an: so nehmen die mineralischen Bestandtheile in ihnen ab. Die beiden Analysen der *Arve* (37 und 38) zeigen diesen Unterschied. Im Februar, wo blos Quellwasser diesen Flufs speisen, enthielt er fast doppelt so viel Bestandtheile wie im August, wo Gletscherwasser die Quellwasser verdünnen. Aufser der schon angeführten Ursache, welche ein Schwanken in der Menge der mineralischen Bestandtheile herbeiführt, lernen wir daher noch eine zweite kennen, die sich jedoch nur in den Alpenströmen zeigt.

Der geringere Gehalt der Alpenströme an mineralischen Bestandtheilen kann sich bei denjenigen, die, wie der *Rhein* und die *Rhone*, in grofse Seen sich ergiefsen, nur oberhalb derselben äufsern[1]). Ebenso wie im *Genfersee*, so werden auch in dem grofsen *Bodensee* die jährlichen Veränderungen des Wasserstandes, in Folge der vermehrten oder verminderten Zuflüsse durch den *Rhein* und andere minder bedeutende Flüsse, keine merkliche Veränderung in der Menge der mineralischen Bestandtheile herbeiführen. Es ist daher wohl anzunehmen, dafs der

[1]) In diesen beiden Alpenströmen müssen die jährlichen Schwankungen der mineralischen Bestandtheile oberhalb ihres Einflusses in den *Boden-* und *Genfersee* sehr bedeutend sein; denn die *Rhone* nimmt in *Wallis* auf einer Entfernung von 35 Lieues das Wasser von 135 Gletschern auf. Terrain erratique alluvien du bassin du Leman etc par R. Blanchet. *Lausanne* 1844. P. XII.

aus dem *Bodensee* abfliefsende *Rhein* stets sehr nahe dieselbe Menge mineralischer Bestandtheile enthalten wird[1]).

[1]) Die mittlere Tiefe aus 88 Peilungen des *Bodensee*, ist 279 par. Fufs. Nach Dihlmann (Jahrbuch der Chemie u. Physik T. LIX. p. 30) betrug die Veränderung seines Wasserstandes im Jahr 1827 7,9, im Jahr 1828 5,7 par. F. Diese jährlichen Veränderungen machen daher 2 bis 2,8 Proc. der ganzen Wassermasse dieses See's aus. Wenn demnach zur Zeit des Abschmelzens der Gletscher in den See Wasser fliefst, welches auch nur halb so viel mineralische Bestandtheile wie sein Wasser enthält: so wird es dadurch doch so wenig verdünnt, dafs die chemische Analyse den Unterschied im Gehalte derselben kaum mehr nachweisen kann. Die Temperatur des zur Sommerzeit in den See fliefsenden Rheinwassers ist, da es gröfstentheils Gletscherwasser ist, ohne Zweifel niedriger, als die des See's. Jenes sinkt daher in diesem unter und durch die Wellenbewegung wird die Vermischung befördert. Nach Dihlmann steigt die Temperatur des *Bodensee* im Juli bis auf 21°, 5 R. So hoch wird die Temperatur des einfliefsenden *Rhein* gewifs nicht steigen. Ich fand am 1. Sept. 1835 die Temperatur der in den *Thunersee* fliefsenden *Aar* 2° niedriger, als die dieses See's.

Escher (Gilbert's Annal. der Physik T. LXX. p. 202) berechnet aus den von Stehlin von 1809 bis 1820 angestellten Beobachtungen über die Höhe des *Rhein* bei *Basel*, dafs jährlich durch diesen Strom 1046 Millionen Cubik-Toisen abgeführt werden. Diese Wassermasse würde im *Bodensee* eine Tiefe von 56 Fufs einnehmen. Da dessen mittlere Tiefe 5mal so viel beträgt: so würden ihn die Wasser des *Rhein* bei *Basel* in 5 Jahren, und die des *Rhein*, welche in ihn fliefsen, unter der Voraussetzung, dafs die unterhalb des *Bodensee* bis nach *Basel* in ihn sich ergiefsenden Flüsse, unter denen die *Aar* der bedeutendste ist, eben so viel Wasser enthalten, als der aus dem *Bodensee* ausfliefsende *Rhein*, ungefähr erst in 10 Jahren ausfüllen.

Nach vorstehenden Bemerkungen würde es gewifs von grofsem Interesse sein, wenn schweizer Chemiker Analysen des Wassers der *Alpenseen* unternehmen wollten. Aufser dem *Boden-* und *Genfersee* würden namentlich die Analysen der Wasser des *Brienzer-*, *Thuner-*, *Vierwaldstädter-*, *Zürcher-*, *Comer-* und *Maggiore-See* die Substanzen kennen lernen, welche den Hochalpen durch die Gewässer entzogen werden. Verknüpfte man damit gleichzeitig die Analysen der Wasser und Flüsse, welche aus diesen Seen strömen und sich theils in das Meer, theils in andere Flüsse ergiefsen: so würde man auch die Substanzen kennen lernen, welche den Gebirgen unterhalb dieser Seen durch die Gewässer entzogen werden. Wenn auch die letztgenannten Seen viel kleiner, als der *Boden-* und *Genfersee* sind: so

Dem zufolge würde eine Analyse des Wassers dieses See's, gleichviel zu welcher Jahreszeit es geschöpft würde, die normale Zusammensetzung des aus ihm abfliefsenden Rheinwassers geben. Die Vergleichung dieser Analyse mit der des *Rhein* an irgend einer Stelle unterhalb *Constanz* würde dann ergeben, ob ihm durch seine Nebenflüsse mehr oder weniger mineralische Bestandtheile zugeführt werden als er schon enthält.

Auf den ersten Blick erscheinen die von den Flüssen dem Meere im aufgelösten Zustande zugeführten Bestandtheile unbedeutend; beachtet man aber die grofsen Wassermassen, welche immerfort in das Meer strömen: so werden sie eine bedeutende Gröfse. Flüsse, wie der *Rhein*, die *Donau*, die *Rhone* und die *Elbe*, welche mindestens $\frac{1}{8000}$ von diesen Bestandtheilen enthalten, führen dem Meere in 8000 Jahren so viel zu, als das Gewicht der Wassermasse beträgt, welche sie in einem Jahre in dasselbe bringen. Was sind aber 8000 Jahre, wenn man sie vergleicht mit geologischen Perioden, in denen man nach Millionen Jahren rechnen mufs? — So grofs müssen aber diese Perioden gedacht werden, wenn man die Bildung der mächtigen Kalkstein-Gebirge begreifen will. Wie wenig schwierig es aber ist, gerade deren Bildung zu begreifen, da von den dem Meere im aufgelösten Zustande zugeführten Bestandtheilen der kohlensaure Kalk 50—94 Procent beträgt, leuchtet von selbst ein.

Von dem Gefälle der Flüsse, dem Hauptfactor der Erosion ihres Bettes, im nächsten Kapitel.

B. Seen.

Seen können durch Senkungen der Erdoberfläche entstehen.

Was steht der Annahme entgegen, dafs selbst das Becken des gröfsten unter allen Seen, das des *Kaspischen Meeres*, das Ergebnifs eine der grofsartigsten Senkungen

---

mögen sich doch ihre Bestandtheile eben so wenig quantitativ und qualitativ verändern, als die der beiden eben genannten Seen; denn die durch sie fliefsenden Alpenflüsse sind gleichfalls viel kleiner als der *Rhein* und die *Rhone*.

sei? — Dieselbe Annahme gilt für die Seebecken des *Todten Meeres* und des See's *Tiberias*. Seen, deren Wasserspiegel so tief unter dem des Weltmeeres liegen wie die obengenannten, tragen das Gepräge einer Bildung durch Senkung.

Senkungen sind nicht blos die nothwendigen Begleiter der Hebungen, sondern auch die Folgen der Wegführung löslicher Substanzen unter der Erdoberfläche durch Gewässer. Das Areal der gesunkenen Massen mufs daher mehr betragen als das der gehobenen.

Die Erdfälle im Kalkgebirge bezeugen die Fortführung der kohlensauren Kalkerde (S. 231). Auf dem Rükken eines bis zur Thalsohle zerklüfteten Gebirges können sich solche Erdfälle natürlich nicht mit Wasser füllen, wohl aber, wenn wasserdichte Thonschichten mit den Kalkschichten wechseln, oder wenn, wie auf der *Gemmi* (S. 237) die schwebenden Theile der Gletscherwasser die Klüfte zuschlemmen. Geschieht dies auch nur partiell, betragen aber die Zuflüsse nicht weniger, als die unterirdischen Abflüsse: so entsteht ein See, wie der *Daubensee* auf der *Gemmi*.

Bestehen die liegenden Schichten aus Gyps oder Anhydrit: so hat die Fortführung durch die Gewässer einen viel gröfseren Effect als beim kohlensauren Kalk, da jene Sulphate leichtlöslicher als dieses Carbonat sind und ohne Mitwirkung von Kohlensäure gelöst werden. Vgl. Kap. XX, wo das plötzliche Verschwinden des Gyps im Zechstein aus der bekannten Reihenfolge der Schichten angeführt ist.

Die Klüfte in Gypslagern, ihre Erfüllung mit Sand, Thon u. s. w, zeigen, dafs die Fortführung des Gypses durch Gewässer bereits begonnen hat, und dafs diese von oben nach unten geflossen sind. Schreitet das Auswaschen so weit fort, dafs die Wände der Klüfte ihren Zusammenhang verlieren: so müssen Senkungen eintreten, und so ist es begreiflich, dafs ein Streichen und Fallen der Schichten nicht ermittelt werden kann.

Die Gypslager unter der Thalsohle sind dem Wegwaschen noch mehr ausgesetzt, als die über der Thalsohle anstehenden Felsen, weil sie gleichsam in einer wässerigen Beize sich befinden. Durch die unterirdische Wasser-

bewegung nach tieferen Stellen kommen die Gypsmassen mit neuen Gewässern immer wieder in Berührung und so setzt sich die Auflösung des Gypses ununterbrochen fort und Seebecken müssen entstehen.

Es ist kaum zweifelhaft, dafs manche unter den Seen der norddeutschen Ebene auf diese Weise entstanden sind.

Sehr bemerkenswerth ist, dafs die *Elbe* die an Seen so überaus reiche Niederung im nördlichen Deutschland und in Polen begrenzt; denn auf dem linken Elbufer, im Stromgebiete der *Weser*, der *Ems*, und bis zu dem des *Rhein* finden sich nur zwei namenswerthe kleine Seen. Diese sind also eine Eigenthümlichkeit der Ostsee-Niederung. Die Ursache ihrer Bildung in diesem Gebiete kann daher in der Nordsee-Niederung nicht vorhanden gewesen sein; da in letzterer Gypslager nicht bekannt sind, so möchte man geneigt sein, diesem Umstande den Mangel an Seen in der Nordsee-Niederung zuzuschreiben.

Bei dem Dorfe *Sperenberg* in der Mark *Brandenburg*[1]) befindet sich ein kleiner See, von dessen Ufer ein 115 F. hoher Gypsberg sich erhebt. Der Flächeninhalt des Gypslagers über dem See beträgt 950000□F. Durch einen Bohrversuch in festem Gyps kam man 24 F. unter dem Wasserspiegel auf eine Kluft, die ein tieferes Bohren verhinderte. Das Liegende hat man nicht erreicht; kaum ist es aber zweifelhaft, dafs der Gyps unter dem Wasserspiegel eine gröfsere Ausdehnung hat, als sie über demselben jetzt bekannt ist. An der Nordseite zieht sich der Gyps tief in den See hinein. In seiner Mitte ist der Seeboden unter einem 18—20 F. hohen Wasserstande mit sehr viel Schlamm erfüllt. Die Südwestseite des See's besteht aus Sand, der sich nur wenige Fufs über dem Wasserspiegel erhebt, und 15 F. tief niedergeht. Unter ihm liegt ein schwarzer sandiger Schlamm.

Klüfte von ½—1 Zoll, hier und da sogar 3—4 F. mächtig, durchsetzen den Gyps meist unter einem Nei-

---

[1]) Wir folgen der genauen Beschreibung von K. F. Klöden in dessen Beiträgen zur min. und geognostischen Kenntnifs der Mark Brandenburg I. Stück S. 62 ff. Vergl. auch F. Hoffmann in Gilberts Ann. Bd. LXXVI S. 70.

gungswinkel von 80 Grad. Sie sind ausgefüllt mit braunem Thon oder auch blos mit Sand, worin Granit- und Quarzgeschiebe von 6 — 13 Zoll Dicke liegen. Man fand sogar einen Granitblock von 4½ F. Höhe, 3½ F. Länge und 3 F. Breite in einer solchen Kluft.

Ohne meine Bemerkung wird man einsehen, dafs solche Blöcke das Wegwaschen des Gypses und dadurch die Bildung von Klüften sehr begünstigen. Die auf sie fallenden Meteorwasser fliefsen, wie von einer Dachtraufe, an den Wänden der Blöcke ab und kommen stromweise auf den Gyps. Die Auflösung desselben wird beschleunigt und noch mehr, wenn eine Furche ringsumher entstanden ist, in welcher das Wasser stagnirt. Die Blöcke sinken und werden in Thon und Sand, welche die Gewässer in die Kluft führen, eingegraben.

Der Ursprung der Ausfüllungsmasse in den Klüften ist leicht nachzuweisen; denn an einer Gebirgswand findet sich unter der Dammerde ein 2—3 F. mächtiges Sand- und unter diesem ein 4 F. mächtiges Thonlager auf dem 64 F. tief entblöfsten Gyps.

Die Bildung des Seebeckens bei *Sperenberg* durch eine Senkung, in Folge des Wegwaschens des Gypses, ist unzweifelhaft. Noch in neuerer Zeit haben dort Erdfälle stattgefunden, wovon einer im Jahr 1824 noch ziemlich tief offen war.

War die anfängliche Senkung nur sehr gering, betrug sie auch nur 1 Fufs: so erfüllte schon der jetzt durch den See fliefsende Flufs das flache Becken mit Wasser, und die Auflösung und Fortführung des Gypses nahm ihren Anfang. Man braucht nicht einmal anzunehmen, dafs die Senkung im ganzen Umfange des dermaligen See's gleichzeitig von Statten gegangen ist. Es konnten, wie noch jetzt, partielle Erdfälle bald hier bald dort gewesen sein, in welche die Gewässer flossen, deren suspendirte Thontheile den Boden wasserdicht machten. Die damals noch hervorragenden Gypsparthieen waren nun den sie umgebenden Gewässern ausgesetzt: sie wurden nach und nach aufgelöst und fortgeführt, und die sie bedeckenden Sand- und Thonlager auf dem Seeboden abgesetzt.

Dafs noch jetzt die chemische Erosion des Gypsbodens fortschreitet, und dafs dagegen Schlamm abgesetzt wird, leuchtet von selbst ein. Je nachdem jene Erosion mehr oder weniger als dieser Absatz beträgt, nimmt die Tiefe des See's zu oder ab. Erwägt man indefs, dafs die chemische Erosion in Folge der beständigen Erneuerung des durch den Flufs fortgeführten Wassers ununterbrochen wirkt, dagegen der Absatz vorzugsweise nur stattfindet, wenn der Flufs trübes Wasser zuführt: so ist die Zunahme der Tiefe des See's wahrscheinlicher als die Abnahme. Auch die bedeutende Tiefe des See's in seiner Mitte spricht dafür.

Die obengenannte Hügelreihe zieht sich bis *Clausdorf* fort und fällt hier gegen den *Mellener See* ab. In diesem ganzen Striche war durch Bohren der Gyps nicht zu erreichen. Sollte er dennoch in gröfseren Tiefen vorhanden sein, so könnte auch dieses Seebecken denselben Ursprung haben, wie das am *Sperenberg*.

Der *Segeberg*, der höchste in *Holstein*, 264 F. über der *Ostsee*, erhebt sich 186 F. über dem benachbarten sogenannten „*Grossen See.*" Der Flächeninhalt der Gypsmasse beträgt nur $^1/_{27}$ von der des *Sperenberg*. Auffallende Zerklüftung zeigt sich fast nirgends. Nordostwärts von dieser Hauptgypsmasse finden sich unverkennbare Spuren eines zweiten Lagers in einer sehr niedern Hügelreihe an den Ufern dieses See's, bei *Stipsdorf*[1]). Ein Blick auf die Karte zeigt, dafs in der Umgebung von *Segeberg* viele gröfsere und kleinere Seen sich finden, welche, wenn sich die Gypsmassen bis dahin ausdehnen, gleichfalls durch Wegwaschen entstanden sein mögen.

Der Gypsberg von *Lüneburg* erhebt sich 164 F. über der *Ilmenau*; er hat einen bedeutend gröfseren Umfang als der *Segeberg*. Der Gyps scheint sich von jenem Berge aus unter den gröfsten Theil der Stadt zu verbreiten. Ein Erdfall vor Jahrhunderten innerhalb derselben deutet auf sein Dasein, und unter einer Strafse, das *Meer* genannt, sollen sich Spuren verschütteter Häuser finden. Häufige Erdfälle, besonders vor dem neuen Thor, wiederholen sich

---

[1]) F. Hoffmann a. a. O. S. 35.

fast jährlich. Ungleiche Senkungen des Bodens scheinen überhaupt in der ganzen Umgebung bis in die neuesten Zeiten stattgefunden zu haben, denn kein einziger der Thürme *Lüneburg's* hat seine senkrechte Stellung behalten und die Mauern alter Gebäude erscheinen auf mannichfache Weise verschoben und aus ihren Fugen gerissen.[1])

Die Bedingungen zur Bildung von Seebecken haben also stattgefunden, ohne dafs aber die Erdfälle mit Wasser erfüllt worden sind. Dringen Gewässer in Steinsalzlager: so wird dieses leichtlösliche Salz in kürzerer Zeit als der schwerlösliche Gyps fortgewaschen und die hangenden Lager sinken. Manche Salzseen können auf diese Weise entstanden sein (Kap. XVIII).

Zu den Seen, deren Entstehung ohne Schwierigkeit zu erklären ist, gehören die *Krater-Seen,* ferner die Maare in der *Eifel.*[2]) Die vulkanischen Auswürflinge (vulkanische Bomben, vulkanische Asche und Sand, Rapilli), welche sich auf dem Boden und an den Ufern dieser Maare finden, bezeugen diesen Ursprung. Dafs es gewaltsame oft wiederholte Durchbrüche einer in grofser Tiefe wirkenden Kraft waren, bezeugen nicht minder die Thonschiefer-Bruchstücke, welche in verschiedener Gröfse und bis zu kleinen Bröckchen zermalmt in mächtigen, mit vulkanischen Producten wechselnden Lagern auf dem Rande dieser Maare und auf deren äufserem Abhange aufgeschichtet sind.

Diese Verhältnisse treten ganz besonders beim *Weinfelder-Maar*, weniger auffallend beim *Gemünder-Maar,* beide in der Nähe von *Daun,* hervor. Beide Maare, sowie auch das *Pulvermaar* bei *Gillenfeld* und die beiden Weiher in den wohlausgebildeten Kratern des *Mosenberges* haben

---

[1]) Hoffmann a. a. O. S. 43.

[2]) In Beziehung auf den Unterschied zwischen Krater-Seen und den Maaren verweisen wir auf von Humboldt's Kosmos 1858. Bd. IV S. 275. Eine gründliche Untersuchung der Maare hinsichtlich ihrer Bildungsweise, ihrer Aehnlichkeit mit den Kesselthälern in der *Eifel* u. s. w., die Frucht sorgfältiger Beobachtungen finden wir in von Dechens Geognost. Führer zu der Vulkanreihe der *Vorder-Eifel.* 1861. S. 226 ff. — Vergl. auch Graf Montlosier in Nöggerath: das Gebirge im *Rheinland-Westphalen* Bd. I. S. 104.

keine sichtbaren Abflüsse, wohl aber andere, wie das *Meerfelder Maar* und das *Schalkenmeerener Maar* u. s. w.

Sind durch vulkanische Eruptionen Vertiefungen entstanden: so erfüllten sich dieselben nach den beendigten Eruptionen mit den Meteorwassern, welche, wenn der Boden dieser Vertiefungen wasserdicht war, sich darin sammelten. In denjenigen *Maaren*, welche keine Abflüsse haben, werden die Zuflüsse, welche sie während der nassen Jahreszeit erhalten, blos durch Verdunstung wieder fortgeführt.

Flüsse, welche in ihrem Laufe durch ein Gebirgsland mit grofsem Gefälle fliefsen, welches sich aber da, wo sie in flaches Land gelangen, bedeutend vermindert, setzen hier ihren groben Detritus ab und bilden Inseln. Die Folge davon ist, dafs sie ihr Bett ausbreiten, und um so mehr, je flacher ihre Ufer sind, und dafs sie sich in viele Arme verzweigen. In Armen, wo die geringste Strömung ist, setzt sich mehr Detritus ab, als in andern, wo die Hauptströmung ist: jene werden ausgefüllt und verschwinden, die kleinern Inseln vereinigen sich zu gröfsern.

So lange, als die hohe Wasserfluth anhält, fliefst das Wasser über den ganzen Damm, und nur noch über die niedrigsten Stellen desselben nach dem Sinken des Wasserspiegels. Hier tieft der Flufs ein neues Bett in seinem früher abgesetzten Detritus aus. Leicht kann es geschehen, dafs diese Stellen im Bette des Flusses vor dem Absatze des Dammes liegen, in welchem Falle der Flufs seinen Lauf nicht verändert hat; zeigen sich aber unterhalb eines See's alte Uferränder: so ist zu schliefsen, dafs der Flufs ihn verändert hat, und dafs der See auf die in Rede stehende Weise entstanden ist.

Treten ungewöhnliche Wasserfluthen ein, welche, wie im *Etschthale* (s. unten) in kurzer Zeit Fufs hohe Detritus-Massen absetzen: so wird der durch die Hauptströmung fortgeführte Detritus die noch offenen Arme verstopfen und einen Damm bilden, der ihn aufstaucht und zum Austreten aus seinen Ufern zwingt, wenn diese niedriger als der Damm sind. Es entsteht demnach ein See. Erneuern sich solche Wasserfluthen, wenn auch mit geringerer Intensität: so wird der Damm durch neue Absätze immer fester, und Stellen, die der erste Absatz undicht zurückgelassen

hat, werden verstopft. Gehen Conglomerat-Bildungen im Damme von Statten: so tragen diese zur Befestigung desselben bei, und dies ist zu erwarten, da sich im Bette der Flüsse sowie in seinen frühern Absätzen Geschiebe, theils durch Eisenoxydul- oder Kalkcarbonat, theils durch Kieselsäure cementirt, oft in grofsen Massen finden.

Es ist klar, dafs sich auf die beschriebene Weise nur Seen bilden, deren Tiefe die der durchfliefsenden Flüsse nur wenig überschreiten kann. Durch Untersuchung des Dammes eines solchen See's läfst sich übrigens ermitteln, ob dieser wirklich so entstanden ist; denn besteht der Damm aus Detritus, wie ihn der Flufs noch jetzt mit sich führt, so ist eine andere Bildungsart nicht denkbar.

Seen, welche viel tiefer, als die sie durchströmenden Flüsse vor ihrem Ein- und nach ihrem Ausflusse sind, können nicht durch Erosion entstanden sein.

Die gröfste Tiefe des *Genfersee's* soll 950 F. sein. Wie könnte eine solche lokale Erosion entstanden, und wie und wohin könnte das erodirte Material geführt worden sein! Der Spiegel dieses See's liegt 1182 F. über dem Meere: mithin die tiefste Stelle seines Bodens 232 F. über dem Meere. An Gefälle würde es daher nicht gefehlt haben zur Fortführung des erodirten Materials in das Meer. Man müfste aber dann annehmen, dafs zu jener Zeit das Bett der *Rhone* vom tiefsten Punkte des See's an sich bis zum Meere fortgezogen habe, und der Strom in einem so tief eingeschnittenen Thale, oder in einem unterirdischen Kanale geflossen sei, wie z. B. die *Orbe* ein Abflufs der 680 F. höher gelegenen Seen im Thale von *Joux* ist.

Durch welches Ereignifs hätte sich aber das Bett dieser ehemaligen *Rhone* bis zu seiner jetzigen Höhe erheben können? Eine partielle Hebung des ganzen Stromgebietes der *Rhone* bis zu ihrer Mündung in das *Mittelmeer*, welche sich nur bis zum *Genfersee* hätte erstrecken können, würde eine gänzlich unhaltbare Hypothese sein. Und ebenso, wenn man annehmen wollte, der unterirdische Kanal habe sich nach und nach verstopft, und das durchfliefsende Wasser sei gezwungen worden, aufwärts zu erodiren, wie dies künstlich in den Sinkwerken der Salzthonlagerstätten geschieht.

Jeder Gedanke, dafs auf diese Weise der *Genfersee* und die andern im tiefsten Niveau gelegenen *Alpenseen* gebildet worden seien, mufs daher als völlig unstatthaft zurückgewiesen werden. Auf sichere Fundamente gebaut, mufs man ihre Bildung zu erklären versuchen.

Bei der einstigen Erhebung der *Alpen* tauchte das Hochgebirge zuerst aus dem Meere auf. Zu jener Zeit, wo alle Punkte der *Schweiz*, welche jetzt eine Meereshöhe von 1800 F. haben, noch unter dem Meere lagen, war der Spiegel desselben im Niveau des *Brienzer* und des *Thunersee's;* denn jener liegt 1800, dieser 1780 F. über dem Meere. Der höchste Berg des *Berner* Oberlandes, das *Finster-Aarhorn,* hatte damals schon eine Meereshöhe von 11400 F. Die damalige Meereshöhe seiner Nachbarn, *Jungfrau, Eiger, Wetterhorn* u. s. w. war zwar etwas geringer; sie ragten aber doch noch weit über die Schneegränze hinaus. Ewiger Schnee und als Folge davon Gletscher waren bereits vorhanden.

Ordnen wir die übrigen Seen dieser Art nach ihrer abnehmenden Meereshöhe: so erhalten wir folgende Reihe:

	Meereshöhe.	
Vierwaldstättersee	1387	Fufs
Zürchersee	1284	„
Genfersee	1182	„
Bodensee	1225	„
Luganersee	874	„
Comersee	672	„
Langensee	366	„

Nach dem *Thunersee* kam, als das ganze Alpengebirge noch um 393 F. gestiegen war, die vielfach gewundene Bucht, welche der *Vierwaldstättersee* erfüllt, zur Abtrennung vom Meere. So tauchten bei fortdauernder Hebung die übrigen Seen auf, bis endlich, als das *Alpengebirge* nur noch 366 F. tiefer lag, wie jetzt, auch der Spiegel des *Lago Maggiore* in das Niveau des Meeres trat. Bemerkenswerth ist, dafs die gröfsten Seen, welche alle Gewässer der nördlichen und einen grofsen Theil der südlichen *Schweiz* aufnehmen, der *Genfer-* und der *Bodensee* gleichzeitig über die Meeresfläche gekommen sind; mithin als das ganze *Alpenland* bis zum südlichen Abhange, unter

welchem die italienischen Seen liegen, schon über dem Meere war.

Die tiefen Seen sind die Grenzpunkte, bis zu welchen die Gletscher sich in frühern Zeiten ausgedehnt haben können. Das untere Ende der Gletscher mufste aber so hoch über den Seen gelegen haben, als nöthig war, damit ihr Abschmelzen mit ihrer Bewegung im Gleichgewichte stehen konnte. Das untere Ende des *Unter-Grindelwald-gletschers* liegt z. B. 2989 F. über dem Meere.

In der nördlichen *Schweiz* kann also ein Gletscher in dieser Meereshöhe noch existiren. Wenn daher damals, als die Bucht, welche jetzt der *Brienzer-* und *Thunersee* erfüllt, noch nicht vom Meere abgetrennt war, und das einschliefsende Gebirge eine Meereshöhe von 2989 F. hatte: so konnten Gletscher auf diesem Hochlande existiren; mithin die des *Hasli* und *Lütschine*-Gebietes bis zum Abhange dieses Gebirges reichen, und deren Gewässer über denselben dem Meere und später den beiden Seen zufliefsen.

Die Hebung schritt fort, das relative Höhenverhältnifs zwischen dem obengenannten Gebirge und den beiden vom Meere abgetrennten Seen blieb constant. Nachdem diese Hebung ihr Maximum, und der *Brienzer-* und *Thunersee* ihre dermalige Lage erreicht hatten, war das einschliefsende Gebirge nach vorstehender Voraussetzung noch um 1780 bis 1800 F., mithin bis zu 4769 bis 4789 F. Meereshöhe gestiegen. Das Abschmelzen der auf diesen Höhen gelegenen Gletscher nahm folglich ab. Da jedoch gleichzeitig die Gletscher ihr Bett austieften: so bewirkte dies ein zunehmendes Abschmelzen: beide Wirkungen compensirten sich, oder hoben sich gegenseitig auf.

Die Gandecken dieser hochgelegenen Gletscher blieben theils auf den Höhen als Zeugen ihrer ehemaligen gröfseren Ausdehnung liegen, theils stürzten sie über den Gebirgsabhang in das Meer und später in die davon abgetrennten Seen.

Der Anfang des Wasserlaufs in einem über das Meer erhobenen Lande ist der Anfang der Erosion oder der Thalbildung. Lange vor dem Erscheinen des ewigen Schnee's in den *Alpen* hatten daher die Gewässer schon Thäler ausgetieft, und diese ihren Lauf zum umgebenden Meere ge-

nommen. Die später erschienenen Gletscher setzten das Werk der Erosion fort. Je ungleichförmiger der damalige Meeresboden in den Umgebungen des gehobenen Landes war, je mehr darin schroffe Abhänge mit Untiefen wechselten, desto mehr entstanden bei fortschreitender Hebung Landzungen und Meerbusen.

Diese Buchten nahmen vorzugsweise die Gewässer der damaligen Flüsse und Bäche und ihren mitgeführten Detritus auf. Material zur Bildung sedimentärer Gesteine sammelte sich in diesen Buchten an, und da gleichzeitig die Hebung fortschritt: so kam ihr Boden früher über das Meer, als der an andern Stellen, denen kein Detritus zugeführt wurde.

Nach vollendeter Hebung der Alpen zogen sich die Gletscher in Folge der zunehmenden Erosion ihres Bettes bis zu ihrer dermaligen Lage zurück. Alle Geschiebe, welche die Gletscherflüsse mit sich führten und noch führen, setzen sich daher in den Seen ab, deren Tiefe nimmt ab, und es kommt eine Zeit, wo sie ganz ausgefüllt und verschwunden sein werden [1]). Selbst die schwebenden Theile in diesen Flüssen kommen darin grofsentheils zum Absatze, wie dies die trübe einfliefsenden und klar aus den Seen abfliefsenden Gewässer zeigen. Die bedeutenden Deltabildungen an den Mündungen der in die Seen sich ergiefsenden Flüsse bezeugen diese fortschreitenden Ausfüllungen der Seen.

Der Transport einer so grofsen Menge von Detritus in so kurzer Zeit, wie im Jahre 1825 durch die *Etsch* und ihre Nebenflüsse, macht die Ausfüllung von Seebecken begreiflich.

---

[1]) Die selbst jetzt noch 500 F. tiefe Schlucht des *Wallenstättersee's*, bemerkt Studer (Lehrb. der physikal. Geographie II, 207), hat sich vor der Thalausfüllung durch Stromablagerungen, offenbar viel weiter aufwärts, vielleicht bis *Chur* und *Reichenau* erstreckt. Damit ist im Zusammenhange die von Ebel (a. a. O. Bd. IV. S. 4) wahrscheinlich gemachte Ansicht, dafs einst der *Rhein* durch diesen See und durch den *Zürchersee* geflossen sei. Eine so bedeutende Ablagerung von Detritus ist wenigstens von einem gröfsern Strome viel mehr zu erwarten, als von den kleinen Bächen, welche sich jetzt in den *Wallenstättersee* ergiefsen.

Münden Flüsse seitwärts in die Seen: so bilden sich auch hier Deltas, wodurch eine Trennung eines See's in zwei kleinere erfolgen kann. Vielleicht sind auf diese Weise aus einem ehemaligen grofsen See der *Brienzer* und *Thunersee* entstanden. Die *Lütschine*, welche bei *Interlaken* in die *Aar* fällt, kann diese Trennung bewirkt haben.

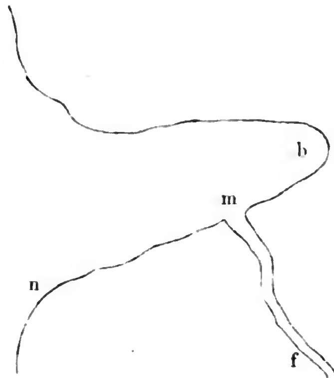
Auf einer Karte von der *Schweiz* lassen sich genaue Linien ziehen, die das Gebiet, innerhalb welchem aller Detritus den Seen zugeführt wird, abgrenzen. In der nördlichen *Schweiz* beginnen diese Grenzlinien unterhalb des *Bodensee's* und ziehen sich nach dem *Züricher*,- *Vierwaldstätter*-, *Sursee* u. s. w. bis zum *Neuenburger*- und *Bielersee* fort. Nur der unterhalb dieser Grenzen aus der nördlichen *Schweiz* fortgeführte Detritus kommt in den *Rhein*. Zu den ungeheuren Absätzen dieses Stromes zwischen *Basel* und *Bingen* und abwärts *Bonn* bis zur *Nordsee* hat daher die *Schweiz* nur geringe Beiträge geliefert.

In der südlichen *Schweiz* und in der westlichen, so weit letztere das *Rhonegebiet* einschliefst, dehnen sich diese Grenzen bis unterhalb der italienischen Seen aus, und verlaufen sich in die Ebenen der *Lombardei*. Verfolgt man die Alpen ostwärts: so zeigt sich das Eigenthümliche, dafs der Hauptstrom im nördlichen *Tyrol*, der *Inn*, zwar theilweise aus vier kleinen Seen entspringt, aber auf seinem ganzen Laufe bis zu seiner Vereinigung mit der *Donau* nicht durch Seen fliefst. Daher ist auch sein Wasser milchig grünlich trübe. Ebenso fliefst der Hauptstrom im südlichen *Tyrol*, die *Etsch*, nur in ihrem Oberlaufe durch drei kleine Seen, von da an bis zu ihrer Mündung in das *adriatische Meer* aber nicht mehr. Nur der kleine *Mincio* von kurzem Flufsgebiete fliefst durch den *Gardasee* [1]). Der *Inn* und die *Etsch* nehmen daher bei weitem den gröfsten Theil des ihnen durch Gletscher und Flufswasser aus den *Tyroler Alpen* zugeführten Detritus auf.

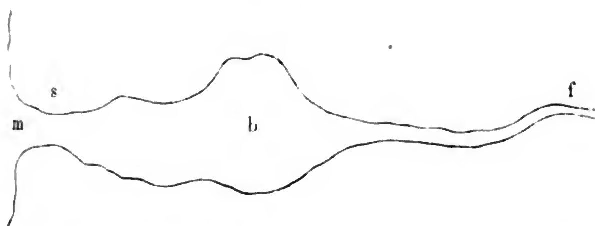
Unter den gröfsern der aus den *österreichischen Al-*

[1]) Da der Boden des *Gardasee's* so bedeutend unter dem Meeresspiegel liegt: so ist die Annahme gerechtfertigt, dafs dieser See ehemals ein Meerbusen des *adriatischen Meeres* war und dafs er davon durch Ablagerungen von Detritus getrennt wurde.

pen kommenden Flüssen ist es nur die *Traun,* welche durch Seen, durch die des *Salzkammerguts* fliefst, und sich deshalb unterhalb *Gemünden* durch ihre grofse Klarheit und dunkelblaue Farbe auszeichnet.



Es sei *b* eine Bucht, in welche der Flufs *f* mündet: so häuft sich bei *m* der Detritus an: es entsteht ein Damm, der durch Bildung sedimentärer Gesteine, mittelst Cementation, aus den zugeführten Massen so dicht werden kann, dafs die Communication zwischen dem Meereswasser in und aufser der Bucht aufgehoben wird. Der Lauf des Flusses wird durch den Damm gehemmt, sein Bett versandet, neue Auswege sucht er sich und verzweigt sich in mehrere Arme. Je nachdem sich diese Arme nach *n* oder nach *b* hinziehen, setzt sich die Dammbildung nach dieser oder jener Seite fort. Mündet der Flufs fortwährend in die Bucht: so fliefst das Wasser über den Damm und stürzt in das Meer. Das Salzwasser wird verdrängt und aus dem Salzwassersee wird ein Süfswassersee, der so lange sich erhebt, als die Hebung des ganzen Landes dauert.

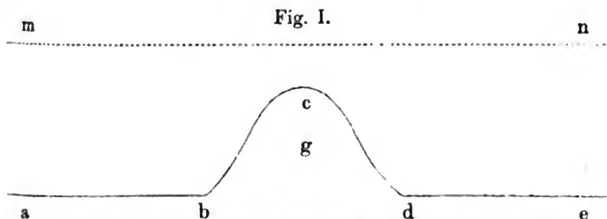


Ist *f* ein Flufs, der in einer Bucht *b* mündet, welche bei *m* mit dem Meere communicirt, entsteht bei *s* ein Bergschlipf, welcher, wie der zu *Goldau*, mächtige Schichten herabführt: so wird die Communication zwischen der Bucht und dem Meere unterbrochen. Der Flufs wird aber dadurch in seinem Laufe nur soweit gestört, dafs er, wenn die herabgerutschte Masse die Meerenge überfüllt hat, so lange aufgestaucht wird, bis er sich einen Durchbruch erzwungen hat. Eine solche Abtrennung einer Bucht vom Meere kann um so leichter gedacht werden, wenn man bedenkt, wie durch die Brandung die Bergabhänge in *s* so unterwühlt werden können, dafs sie ohne andere mitwirkende Ursachen zum Einsturz kommen.

Auch dadurch kann eine solche Abtrennung erfolgen, dafs sich in der Bucht, nahe da, wo sie mit dem Meere communicirt, ein Felsenriff quer herüber zieht, das bei fortdauernder Hebung früher über das Meer kommt, als die tiefern Stellen der Bucht.

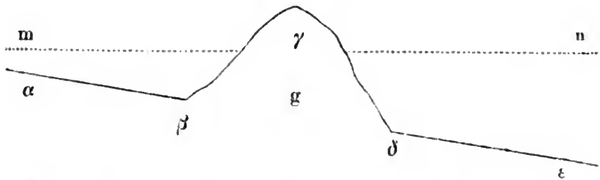
Endlich können auch durch ungleichförmige Hebungen Seebecken vom Meere abgetrennt werden.

Fig. I.



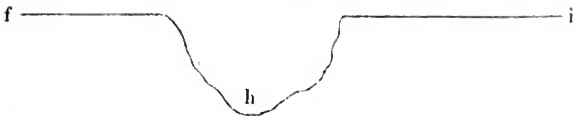
Es sei Fig. I *mn* der Meeresspiegel, *abcde* das Längenprofil des Meeresgrundes an irgend einer Stelle, mithin *g* ein submarines Gebirge. Wird dieses Gebirge auf-

Fig. II.



gerichtet, und ist ε der Drehungspunkt: so kommt es in

Fig. III.



die Lage Fig. II. Ist ferner *fhi* Fig. III das Querprofil des Meeresbodens zwischen *a* und *b*, kommen *f* und *i* bei der Aufrichtung über die Meeresfläche, während *a* Fig. II noch unter derselben ist: so bildet sich eine Bucht, welche, wenn später auch *a* über das Meer steigt, von diesem abgetrennt wird. So entsteht ein Seebecken, welches, wenn die Aufrichtung fortschreitet, sich immer mehr und so lange über das Meer erhebt, bis die Hebung vollendet ist.

Eine solche Vorstellung von der Bildung von Seebecken durch Abtrennung einer Bucht vom Meere ist auf keine Hypothese, sondern auf die Ungleichheiten des Meeresgrundes und auf die Aufrichtung der Schichten, mithin auf Thatsachen gegründet. Daſs auch noch in der Jetztzeit solche ungleichförmige Hebungen stattfinden, zeigt *Skandinavien.*

Wenn die Hebung *Skandinaviens* so ungleichförmig fortfährt: so wird der nördliche Theil dieses Landes nicht nur immerfort höher werden, der südliche dagegen, wo der Drehpunkt liegt, seine Meereshöhe beibehalten, sondern es werden, da die Hebung selbst an nahegelegenen Punkten sehr ungleichförmig erfolgt, mannichfaltige Configurationen entstehen, Sättel, Mulden, Verwerfungen u. s. w.

Ungezwungen können daher verschiedene Verhältnisse gedacht werden, wie durch Abtrennung einer Bucht vom Meere Seen entstehen können, die durch Hebungen

in die hohe Lage kommen, in der wir sie finden. Schmale Buchten, wie am nördlichen Ende des *Lappländischen* Gebirges, welche man erst in einer Tiefe von mehreren tausend Fufsen erblickt, wenn man ihnen oben ganz nahe kommt, würden durch Aufrichtung sehr hoch gelegene Seen vom Meere abtrennen.

Ramsay[1]) hat manche Seen mit Gletschern in Zusammenhang gebracht. Aus einer Betrachtung der seiner Abhandlung beigefügten Karte ergibt sich, dafs jeder der grofsen Schweizerseen, der *Genfer, Neuenburger, Züricher, Thuner, Brienzer See,* der *Bodensee,* der *Lago maggiore* der *Luganer* und *Comer See* auf einem Gebiet liegt, welches, wie aus andern Untersuchungen festgestellt worden ist, in früherer Zeit von Gletschermassen bedeckt war, ein Umstand, der kaum dem Zufall zugeschrieben werden darf. Ramsay versucht nun nachzuweisen, dafs keiner dieser sämmtlichen Seen in einer einfachen synclinen Mulde liege (welche etwa durch eine nach der Miocenepoche eingetretene Schichtenstörung hervorgebracht sein könnte); dafs sie auch nicht auf Dislocations- oder Verwerfungsspalten gelegen sind, welche überhaupt niemals solche Becken erzeugen. Diese Seen können ebenfalls nicht durch die gewöhnliche Erosion des Wassers ausgehöhlt sein, denn weder fliefsendes Wasser, noch stehendes Wasser tiefer Seen vermag solche tiefeingeschnittenen, steilabfallenden Höhlungen hervorzubringen. Auch darf man nicht etwa jedes Seebecken als ein besonderes Senkungsfeld betrachten; man müfste sonst für jeden der unzähligen kleinen Bergseen der *Schweiz* und des nördlichen *Italiens,* welche durch nichts von den gröfseren Seen unterschieden sind, ebenfalls eine besondere Senkung des Bodens in Anspruch nehmen; für diese kleinen, mit Wasser angefüllten Gebirgsbassins (tarns) hat übrigens Ramsay in seiner Abhandlung The old glaciers of North-Wales den Zusammenhang mit Gletschern dargethan.

Die Aushöhlung der alten Thalbette, die mit den jetzigen Seen erfüllt sind, wurden nach Ramsay durch die

---

[1]) On the glacial origin of certain lakes in *Switzerland* etc. Quarterly Journal of the geological society 1862. p. 185.

mächtige erosive Thätigkeit des Gletschereises veranlafst. Die Contouren der tiefen Löcher, welche dasselbe durch unablässiges Drücken, Bohren und Graben in dem Erdboden hervorrief, richteten sich nach der ungleichen Härte des Gebirgs, nach dem Gewicht der Eismassen an verschiedenen Wirkungspunkten und zweifelsohne nach vielen andern Umständen, welche man nicht mehr bestimmen kann, weil die ehemalige Form der betreffenden Gletscher vollständig unbekannt ist. Heutigen Tags noch ziehen Gletscher aus dem *Wallis* und dem südlichen Theil des *Berner* Oberlandes nach dem *Genfer See* und auf der nördlichen Seite des *Berner* Oberlandes richten sie sich nach den Seen von *Brienz* und *Thun*. Diese gröfsten Gletscher der Alpen in der Jetztzeit sind nur zusammengeschrumpfte Zweige der ehemaligen ausgedehnten Gletscher.

Eine ähnliche Entstehungsweise dürfte nach Ramsay's Vermuthung auch für die Seen im nördlichen *Europa* und *Amerika* geltend gemacht werden, welche überhaupt, wie der Anblick jeder Landkarte lehrt, in um so höhern Breiten auch um so mehr an Menge zunehmen.

Von den nördlichen Staaten der Union an bis zu dem *Eismeer* ist der ganze Continent Nordamerika's mit zahllosen Seen bedeckt. Die Seen in *Wales* hat Ramsay schon früher mit alten Gletschern in Verbindung gebracht: dasselbe würde sich nach ihm auch im *Schwarzwald*, in den *schottischen Hochlanden*, auf der *skandinavischen Halbinsel* und in *Finnland* erweisen lassen. So weit Ramsay.

Wenn die Seen in ihren physikalischen Verhältnissen (Gröfse, Tiefe, Temperatur [1]) u. s. w. [2]) viel Interessantes darbieten: so ist dies weniger hinsichtlich ihrer chemischen Verhältnisse der Fall. Die Seen, durch welche Flüsse fliefsen, und gleichsam nur Erweiterungen derselben sind, haben dieselben mineralischen Bestandtheile, wie diese. Ihre Analyse bietet aber, wie oben (S. 288) bemerkt wurde, eine günstige Gelegenheit dar, die normale Zusammensetzung dieser Flüsse zu ermitteln. Nur von einem einzigen dieser Seen, vom *Genfersee*, kennt man die chemi-

[1]) Meine Wärmelehre u. s. w. S. 138 ff. F. Simony die Seen des *Salzkammergutes* 1850.

[2]) Von der Farbe der Seen s. Kap. IV.

sche Zusammensetzung, welche bereits angeführt wurde (S. 272) [1]).

Die Seen, welche Zuflüsse erhalten, aber blos unterirdische Abflüsse haben, gehören gewissermafsen in dieselbe Kategorie. Ihre Zusammensetzung bleibt nahe constant [2]).

---

1) Braconnot (Journ. chim. méd. (3) T. VI. p. 65) fand das Wasser des See von *Gérarmer* in den *Vogesen* fast frei von unorganischen Substanzen.

2) Solcher Seen, welche sich vorzugsweise im zerklüfteten Kalkgebirge finden, gibt es viele. Der *Zirknitzer* See ist längst bekannt. Nach Gruber (Briefe hydrographischen und physikalischen Inhalts aus *Krain* (1781) und Kröpfer (Ergänzungsband Bd. I. S. 382 zu Poggendorff's Annalen) sind es zwei mächtige Höhlen, aus denen das Wasser nach Regenwetter und nach dem Schmelzen des Schnee's mit grofser Gewalt hervorstürzt und dem See zueilt. Das Wasser kommt in *Freudenthal* bei *Ober-Laibach* aus mächtigen Quellen wieder zum Vorschein und bildet den *Laibacher* Flufs. Nach Graber sind es vorzüglich zwei am Fufse des Berges *Javornik* (*Jauernik*) befindliche mächtige Höhlen *Uranja jama* und *Sucha dulza* (*Seka dulka*), aus denen das Wasser nach vielem Regen und Schmelzen des Schnee's hervorstürzt. Es fliefst aufser vielen kleinen Löchern besonders durch zwei Schlünde am Ostende des See's, die grofse und kleine *Karlauza* (*Uala* und *Velka Karlauza*) ab. Da dieser See ringsum von Gebirgen eingeschlossen ist: so würde er erst in einer Höhe von mehreren hundert Fufs einen oberirdischen Abflufs gefunden haben, wenn nicht sein durchlöcherter Boden ihm einen unterirdischen verschafft hätte. Das mit Gewalt sich durch die Kanäle drängende Wasser erweitert dieselben immer mehr; es wird daher eine Zeit kommen, wo der *Zirknitzer* See nicht mehr sein wird. Aehnliche Verhältnisse zeigen der *Fuciner* See (Lacus Fucinus bei den Römern, *Λίμνη φουκίνα* bei Strabo) in den *Apenninen*, der *Kopaische* See in *Böotien*, der See *Phonia* in *Morea*, der *Daubensee* auf der *Gemmi* in der *Schweiz* (S. 237) u. s. w. Nach Kramer (Der *Fuciner* See 1839) ist es wahrscheinlich der aus einem, unmittelbar am Fufse einer hohen steilen Bergwand liegenden Becken von vielen hundert Fufs Durchmesser entspringende *Fibreno*-Flufs, der seinen Ursprung dem *Fuciner* See verdankt. Auch der *Kopaische* See (Forchhammer in Poggendorff's Ann. Bd. XXXVIII. S. 211) hat viele unterirdische Abzugs-Kanäle, und trocknet während des Sommers fast ganz aus. Mehrere mächtige Quellen rühren, nach einem mehrere Meilen langen unterirdischen Laufe, von diesem See her, und sind etwas salzhaltig. Sie berühren wahrscheinlich ein Salzlager. Der See *Phonia* (Boblaye in den Ann. des Mines T. IV. p. 99) war 1814 nicht vorhanden, hat aber dermalen eine Tiefe von 120 bis 150 und eine

In den Seen, welche Zuflüsse, aber keine Abflüsse haben, und das zufliefsende Wasser blos durch Verdunstung verlieren, concentriren sich nach und nach die ihnen in Auflösung zugeführten mineralischen Bestandtheile. Das *Kaspische* Meer, das *Todte* Meer u. s. w. gehören in diese Kategorie. Ebenso ist die Menge des Wassers, welche der *Lake Superior,* der gröfste Süfswasser-See auf der Erde, von mehreren hundert Flüssen, ohne die kleineren mitzurechnen, erhält, vielmal bedeutender, als am *Niagara-Fall,* dem einzigen Ausflusse dieses Sees[1]).

Von den Seen, welche ehemalige Krater erfüllen, war S. 293 die Rede.

Seen, welche Zuflüsse, wenn auch nur periodische, von umgebenden Höhen haben, nehmen die in Suspension zugeführten erdigen Theile auf. Sedimente bilden sich in ihnen, der Seeboden erhöht sich, und nach langen Zeiträumen werden sie ganz ausgefüllt. Die Seen namentlich, durch welche Alpenströme fliefsen, sind Kläranstalten für dieselben. Sind sie sehr ausgedehnt, so nehmen sie zur Regenzeit und nach dem Schmelzen des Schnee's trübe Wasser auf, während klare aus ihnen abfliefsen.

Die Seen sind die Regulatoren der Flüsse. Indem sie die in gewissen Jahreszeiten oder nach anhaltendem Regen ihnen in gröfseren Mengen zugeführten Gewässer sammeln, bewirken sie einen mehr gleichmäfsigen Abflufs der sie durchströmenden Flüsse und beugen dadurch Ueberschwemmungen vor. Der *Bodensee* steigt von den Wintermonaten an bis zum Juli, und nimmt ungefähr ¼ von der ganzen ihm jährlich zuströmenden Wassermasse auf. Diese

---

Breite von 18000 bis 24000 Fufs. Seitdem haben sich nämlich seine unterirdischen Abflufs-Kanäle durch abgesetzten Sand und Schlamm verstopft. Vor mehr als hundert Jahren stand sein Wasserspiegel mehr als 300 Fufs höher, als jetzt, wie sich dies aus dem in dieser Höhe abgelagerten Schlamm ergibt. Solche Verstopfungen und Wiedereröffnungen seiner Schlünde scheinen in alter und neuer Zeit häufig stattgefunden zu haben.

Alex. Murray (Geological Survey of *Canada* Report of progress for 1853) erwähnt eines bedeutenden unterirdischen Kanals, durch welchen ein Theil des Flusses *Bonne-chère* in *Canada* fliefst.

[1]) Lyell Principles Ed. VII. p. 256.

aufgenommene Wassermasse fliefst vom Juli bis zum Winter allmälig ab. Wäre dieser See nicht vorhanden: so würde während der zweiten Hälfte des Jahrs der *Rhein* bei weitem weniger Wasser haben als jetzt.

Lyell[1]) spricht von der Bildung grofser Seen und der Entwässerung anderer in dem Thale des *Red River* in *Louisiana,* wo der gröfste, *Bistineau* genannt, mehr als 30 engl. Meilen lang ist und eine mittlere Tiefe von 15 bis 20 Fufs hat. In den tiefsten Punkten desselben finden sich zahllose Cypressenbäume von allen Gröfsen abgestorben, aber noch in aufrechter Stellung. Nach Darby wurden diese Seen durch die allmälige Erhebung des Bettes des *Red River* gebildet, in welchem die Alluvial-Anhäufungen[2]) sich so sehr erhöhten, dafs sie bis zum Wasserspiegel reichten und das Wasser in den sich in ihn ergiefsenden Flüssen während der Fluthzeit zwangen überzufliefsen, und Strecken Landes in ihrem Laufe in Seen umwandelten. Mehrmals geschah es, dafs Baumstämme-Flöfse oder Sandbänke die Mündungen dieser Nebenflüsse verstopften, wodurch jene Seen, wie der *Bistineau,* beständige Wasserzuflüsse bekamen. Lyell[3]) führt auch einige Beispiele einer neuen Bildung von grofsen Seen in dem Thale des *Mississippi,* 300 engl. Meilen nordöstlich vom *Bistineau-See,* in Folge der Erhöhung des Bodens, in den Jahren 1811—12, an.

Auf der andern Seite liegen Beispiele von ausgetrockneten Seen vor. So wurden im Laufe des *Po,* seit der Römerzeit, ausgedehnte Seen und Sümpfe nach und nach ausgefüllt, wie die bei *Placentia, Parma* und *Cremona* gelegenen, und viele wurden durch das Austiefen des Bettes der Flüsse entwässert[4]).

Vom Wasser des gröfsten aller Seen, des *Kaspischen* Meers nebst den in dasselbe mündenden *Uralflusses,* besitzen wir folgende Analysen. Wir fügen denselben die Analysen des *Schwarzen* und *Asow*'schen Meeres und des

---

[1]) A. a. O. p. 214.

[2]) Ueber die Bildungsweise der Landzunge von *Hurden* im *Zürichsee* von A. Escher v. d. Linth Mittheil. der naturforsch. Ges. in *Zürich* Bd. II. S. 506 ff.

[3]) Lyell Principles Ed. VII. p. 215.

[4]) A. a. O. p. 205.

Bosporus bei, um die Unwahrscheinlichkeit einer jemals zwischen diesen und jenem grofsen See stattgefundenen Communication darzuthun.

	Kaspisches Meer Göbel [1])	*Kaspisches* Meer H. Rose [2])	*Schwarzes* Meer Göbel [3])	*Asow'sches* Meer Göbel [4])
Chlornatrium	0,3673	0,0754	1,4020	0,9658
Chlormagnesium	0,0632	—	0,1304	0,0887
Chlorkalium	0,0076	—	0,0189	0,0128
Brommagnesium	Spur	—	0,0005	0,0004
Schwefelsaurer Kalk	0,0490	0,0406	0,0105	0,0288
Schwefelsaure Magnesia	0,1239	—	0,1470	0,0764
Schwefelsaures Natron	—	0,0036	—	—
Doppelt kohlensaurer Kalk	0,0171	0,0018	0,0359	0,0022
Doppelt kohlens. Magnesia	0,0013	0,0440	0,0209	0,0129
	0,6294	0,1654	1.7661	1,1880
Wasser	99,3706	99,8346	98,2339	98,8120
	100,0000	100,0000	100,0000	100,0000

	Kaspisches Meer Mehner [5])	*Kaspisches* Meer Abich [6])	*Uralflufs* Mehner [7])	*Bosporus* bei *Bujucdere* Pisani [8])
Chlornatrium	0,8951	0,73182	0,3653	1,3858
Chlormagnesium	—	0,09664	—	0,1794
Chlorkalium	0,0651	—	0,0077	0,0030
Brommagnesium	—	—	—	—
Schwefelsaurer Kalk	0,0559	0,03921	—	0,0517
Schwefelsaure Magnesia	0,3261	0,25490	0,1240	0,1228
Schwefelsaures Natron	—	0,16806	—	—
Doppelt kohlensaurer Kalk	0,0373	—	—	0,0227
Doppelt kohlens. Magnesia	0,0205	—	0.0012	—
	1,4000	1,29063	0,4982	1,7654
Wasser	98,6000	98,70937	99,5018	98,2346
	100,0000	100,00000	100,0000	100,0000

[1]) Reise in die Steppen des südlichen Rufslands, Dorpat 1838, und Poggendorff's Ann. Ergänzungsband I. S. 187. Das Wasser wurde Mitte Mai 2 Werst südwestlich von der kleinen Insel *Pischnoi*, 140 Werst südlich von den Hauptmündungen des *Uralflusses* vom Boden des an dieser Stelle 2,5 Faden tiefen Meeres, bei S. S. W. Wind, der das Seewasser an die Küsten trieb, und vollends alle Beimischung von Uralwasser verhindern mufste, geschöpft.

[2]) Poggendorff's Ann. Bd. XXXV. S. 183. Das Wasser wurde von G. Rose 75 Werst von der *Vier-Hügelinsel*, der äussersten von den Inseln, welche die *Wolga* bei ihrem Ausflusse bildet, geschöpft, und war daher noch mit Wolgawasser vermischt. Göbel fand den

Im *Asow*'schen Meer finden sich die Chlorüre und die Summe der Sulphate sehr nahe in denselben Verhältnissen, wie im *Schwarzen* Meer. Jenes erscheint demnach als ein

---

Einflufs dieses Wassers noch bis 300 Werst östlich vom Ausflusse der *Wolga* und der *Achtuba*, am nördlichen Ufer des *Kaspischen* Meeres, sehr merkbar. Da die Analysen von Göbel und H. Rose sehr nahe gleiche Mengen schwefelsauren Kalks enthalten, dagegen das Kochsalz in letzterer nur $^1/_5$ von dem ersterer beträgt: so ist zu schliefsen, dafs das Wasser der *Wolga* viel schwefelsauren Kalk enthält. Uebrigens bemerkt H. Rose selbst, dafs seine Analyse mangelhaft sein mufste, weil ihm nur wenige Loth Wasser zu Gebote standen.

[3]) A. a. O. Das Wasser wurde fast an der Mitte der Südküste der *Krim*, fern von den Strommündungen, bei *Feodosia*, aufserhalb der Quarantaine, im August geschöpft.

[4]) A. a. O. Das Wasser wurde auf der Mitte des Meeres zwischen *Kertsch* und *Mariapol* im Juli bei ruhiger See $5^1/_2$ Faden tief vom Grunde des Meeres geschöpft.

[5]) Bullet. de *St. Petersburg* (phys.-math. Classe) T. XIII. p. 193—210 (Centralblatt 1855 Nro. 11). Es wird bemerkt, dafs dieses Wasser aus dem wahren *Kaspischen* Meer sei. Es wurde von v. Baer in der Nähe der Landspitze *Tjuk-Karagan* geschöpft. Um dieses Vorgebirge herum zieht sich nämlich hinsichtlich der Tiefe des Wassers gleichsam eine Furche oder ein Kanal, der 10 – 12 Faden Tiefe hat, während wenige Seemeilen weiter von der Küste das Wasser nur noch 8 – 6 Faden Tiefe hat. v. Baer betrachtet diese Stelle als den Mischungspunkt der Wasser des tiefen und des flachen Beckens vom *Kaspischen* Meer und meint defshalb, dafs das Wasser von dieser Stelle die mittlere Zusammensetzung dieses Meeres habe. Das Wasser ist an der Oberfläche geschöpft, in der Tiefe ist es, dem Geschmacke nach, reicher an Salz.

Aus der Vergleichung mit den Analysen von Göbel und H. Rose ergibt sich, dafs das nördliche flache Becken arm an Salz ist. Sehr wahrscheinlich ist es, dafs das tiefe Becken weiter nach Süden bedeutend reicher an Salz ist, als da, wo es in das flache Becken übergeht.

[6]) Abich, Extraabdruck aus d. Mém. de l'acad. des sciences de *St. Petersbourg* T. VII. p. 7.

[7]) Aus den in vorstehender Abhandlung angegebenen Verhältnissen der Bestandtheile des *Uralflusses* zu denen des *Kaspischen* Meeres berechnet. Demnach hat der Gehalt an Magnesiabicarbonat um das 15,9fache im *Kaspischen* Meer zugenommen.

[8]) Pisani Jahresber. 1855 S. 830. 1 Liter Wasser ergab einmal 23,99 C. C. Gas (bei 0° und 760 mm. Druck), worin 33,22% Koh-

mit etwas süſsem Wasser verdünntes *Schwarzes* Meer. Diese Verdünnung ist leicht zu begreifen, da sich in das *Asow'*sche Meer ein bedeutender Strom, der *Don*, ergieſst, und dieses Meer mit dem *Schwarzen* Meer nur durch die Meerenge von *Jenikale* communicirt. Da also die gewöhnliche Strömung vom *Asow*'schen in das *Schwarze* Meer, und nur bei starkem Südwinde aus diesem in jenes geht: so gelangt bei weitem weniger salzreiches Wasser in das *Asow*'sche Meer, als salzarmes in das *Schwarze* Meer.

Eine bedeutende Verschiedenheit zwischen dem Wasser des *Schwarzen* Meeres und dem des *Asow*'schen zeigt sich indeſs darin, daſs dieses viel weniger schwefelsaure Magnesia und viel mehr schwefelsauren Kalk als jenes enthält [1]). Man möchte hieraus schlieſsen, daſs der *Don* viel weniger schwefelsaure Magnesia und viel mehr schwefelsauren Kalk dem *Asow*'schen Meere zuführt als die *Donau* dem *Schwarzen* Meer [2]).

Sollte das *Kaspische* Meer [3]) jemals mit dem *Schwar-*

lensäure, 45,78 Stickstoff und 21,00 Sauerstoff, ein andermal 22,27 C. C. Gas, worin 27,1% Kohlensäure, 48,7 Stickstoff und 24,2 Sauerstoff. Der Abdampfrückstand wechselt zwischen 1,627 und 1,739; der gröſste Salzgehalt soll sich bei Ost- und Nordostwinden, der kleinste wahrscheinlich bei Südwinden zeigen. Man möchte aber gerade das Umgekehrte vermuthen, da in ersterem Falle das durch die *Donau* und durch die russischen Ströme verdünnte, in diesem Falle das bei weitem salzreichere Wasser des *Mittelländischen* Meeres zugeführt wird.

[1]) Die so geringe Menge kohlensaurer Kalkerde im *Asow*'schen Meere, welche nur $^1/_{16}$ von der im *Schwarzen* Meere beträgt, gibt jedoch der Vermuthung Raum, daſs vielleicht die relativen Mengen des schwefelsauren Kalk und der schwefelsauren Magnesia nicht genau bestimmt worden sind in beiden Meeren. In allen bis jetzt analysirten Wassern der groſsen Ströme ist der kohlensaure Kalk der überwiegende Bestandtheil. Ist dies, wie höchst wahrscheinlich, auch beim *Don* der Fall: so muſs umgekehrt das *Asow*'sche Meer mehr von diesem Carbonat enthalten, als das *Schwarze*. Wie leicht aber Fehler in der relativen Bestimmung des Kalksulphat und Kalkcarbonat begangen werden können, wenn beide nur in sehr geringen Mengen im Wasser enthalten sind, weiſs jeder Chemiker.

[2]) Wünschenswerth ist es, daſs auch dieses durch eine Analyse des Wassers des *Don* constatirt werden möchte, womit aber auch eine Analyse des Wassers des *Dnieper* zu verknüpfen wäre.

[3]) Ueber den Salzgehalt des Wassers an der Südwest-Küste des *Kaspischen* Meeres. Centralblatt 1856. Nr. 1.

zen Meer communicirt haben: so kann, sofern diese Communication durch eine Meerenge stattgefunden hätte, wohl gedacht werden, dafs beide Meere eine sehr verschiedene Zusammensetzung gehabt hätten. In diesem Falle würde aber das ehemalige *Kaspische* Meer noch weit ärmer an Bestandtheilen gewesen sein, als jetzt; denn da sein Spiegel 86,5 engl. Fufs unter dem des *Schwarzen* Meers liegt [1]): so hätte seit der Trennung beider Meere aus dem *Kaspischen* Meere eine Wassersäule von dieser Höhe verdunsten, mithin sein Salzgehalt sich vermehren müssen. Dazu kommt noch, dafs die grofse *Wolga* und die vielen anderen Ströme, welche sich in das *Kaspische* Meer ergiefsen, ihre aufgelösten Bestandtheile demselben zuführen, und dafs sich durch die Delta-Bildungen dieser Ströme [2]) das Areal dieses Meeres bedeutend vermindert. Beide Ursachen würden aber eine noch höhere Concentration bewirkt haben. Da nun die Summe der Bestandtheile des *Kaspischen* Meers nur ungefähr 0,25 bis 0,4 von der des *Schwarzen* ist: so müfste, wenn einstens beide Meere mit einander communicirt hätten, dieser Bruchtheil damals noch viel geringer gewesen sein. Ein solcher Gehalt entfernt sich aber so weit von dem des *Schwarzen* Meers, dafs dieses und das *Kaspische* Meer unmöglich jemals ein einziges grofses Meer gewesen sein können. Hommaire-Dehel's Ansicht [3]), dafs eine solche Communication einst stattgefunden habe, ist daher irrig, und sie widerspricht seinen eigenen Beobachtungen, wonach aus dem *Kaspischen* Meer durch Verdunstung mehr Wasser fortgeführt, als durch seine Flüsse zugeführt wird.

Bemerkenswerth ist, dafs auch im Wasser des *Kaspischen* Meeres die schwefelsaure Magnesia gegen den schwefelsauren Kalk sehr vorherrschend ist, wenn auch nicht in dem Verhältnisse, wie im *Schwarzen* Meer. Man möchte

---

[1]) Nach der trigonometrischen Messung von Fufs, Sawitsch und Sabler. Compt. rend. 1842. T. XV. p. 885.

[2]) Durch die tägliche Zunahme des *Wolga*-Delta vermindert sich immerfort die Ausdehnung des *Kaspischen* Meeres. Das seichte Wasser reicht schon 40 bis 50 engl. Meilen südlich von der dermaligen Mündung dieses Stromes hinein. Murchison, de Verneuil und v. Keyserling the Geology of Russia etc. V. I. p. 578.

[3]) Compt. rend. 1843. Nr. 15.

hieraus schliefsen, dafs die in das *Kaspische* Meer sich ergiefsenden Flüsse, namentlich die *Wolga*, wie die *Donau*, schwefelsaure Magnesia in gröfserer Menge als schwefelsauren Kalk enthalten. Eine Analyse des Wassers dieses grofsen Stromes erscheint überhaupt sehr wünschenswerth.

Murchison [1]) glaubt, dafs der bedeutende Salzgehalt an einigen Stellen des *Kaspischen* Meeres den Salzquellen, welche aus der Tiefe oft aus Felsen aufsteigen, die lange vor den frühesten Absätzen dieses Meeres gebildet worden sind, zuzuschreiben ist; denn Muscheln identisch mit denjenigen, welche jetzt noch darin existiren (mit Ausnahme fast aller oceanischen Species), sind auf weiten Strecken Landes verbreitet und werden in verschiedenen und beträchtlichen Höhen gefunden.

Das *Kaspische* Meer erscheint demnach als ein ehemaliger grofser Süfswassersee, dem im Laufe der Zeit durch seine Flüsse die Bestandtheile zugeführt worden sind, welche sich in ihm finden. Dafs unter denselben das Kochsalz mehr als die übrigen Substanzen zusammen genommen beträgt, dürfte von den vielen Salzquellen herrühren, welche sich in diesen See und in seine Flüsse ergiefsen. Ob seine ehemalige viel gröfsere Ausdehnung blos die Folge der Abnahme seines Wassers durch Verdunstung ist, oder ob, nach Murchison [2]), Hebungen in seinen Umgebungen stattgefunden haben, welche natürlich mit Senkungen begleitet gewesen wären, wollen wir dahingestellt lassen.

Die Zusammensetzung des *Todten* Meers ist:

---

[1]) A. a. O. p. 317 und 324.
[2]) A. a. O. p. 323 und 308.

	I G. G. Gmelin[1]	II R. F. Marchand[2]	III Th. J. u. W. Herapath[3]	IV Booth u. Muckle[4]	V Bourton u. O. Henry[5]	VI Boussingault[5]
pec. Gewicht	—	1,185	1,172	1,227	—	—
hlornatrium	7,078	6,578	12,110	7,855	7,003	6,496
hlormagnesium	11,773	10,543	7,822	14,590	5,696	10,729
hlorcalcium	3,214	2,894	2,455	3,108	0,680	3,559
hlorkalium	1,674	1,398	1,217	0,659	0,166	1,612
hlormangan	0,212	—	0,006	—	—	—
hloreisen	—	—	0,003	—	—	—
hloraluminium	0,090	0,018	0,056	—	—	—
rommagnesium	0,439	0,251	0,251	—	—	0,331
romkalium	—	—	—	0,037	Spur	—
alzs. Ammoniak	0,008	—	0,006	—	—	0,001
chwefels. Kalk	0,053	0,088	0,068	0,070	0,233	0,042
ieselsäure	—	0,003	Spur	—		
ickstoffhalt. org. Substanz	—	—	0,062	—	0,200	—
itumin. Substanz	—	Spur	—	Kohlens. Erden	0,953[7]	—
umma	24,541	21,773	24,056	26,319	14,931	22,770
direct bestimmt	—	21,671	24,048	—	—	—
asser	75,459	78,227	75,944	73,681	85,069	77,230
	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000

[1]) Würtembergische naturwissenschaftliche Abhandlungen B. I. Heft 3. S. 1.

[2]) Poggendorff's Ann. Bd. LXXVI. S. 462. Dieses Wasser wurde an der nördlichen Spitze des See's nicht weit vom Einflusse des *Jordan* geschöpft. Frühere Analysen von Macquer, Lavoisier und Sage, Marcet, Tennant, Klaproth, Gay-Lussac, Hermbstädt und Apjohn weichen bedeutend von einander ab. Die Summe der Bestandtheile in diesen Analysen schwankt zwischen 24,6 und 44,4 Proc. Diese Differenzen rühren wahrscheinlich davon her, dafs die Wasserproben theils nahe am Einflusse des *Jordan,* theils entfernt davon geschöpft wurden. Auch die Zusammensetzung des Meeresbodens und des salzhaltigen Ufers, welches im Süden durch das Steinsalz-Gebirge von *Usdum* gebildet wird, mögen eine Verschiedenheit der Zusammensetzung des Wassers veranlassen.

[3]) Qu. Journ. of chem. Soc. T. II. p. 336.

[4]) Narrative of the United States Expedition to the river Jordan and the Dead Sea, by W. F. Lynch. Philadelphia 1849. p. 509.

[5]) Journ. de Pharm. 1852. T. XXI. p. 161. Das Wasser wurde am westlichen Ufer, zwei Stunden vom *Jordan* entfernt geschöpft. Die im Verhältnisse zu den übrigen Analysen viel geringere Menge von Salzen kann nur der Verdünnung durch den *Jordan* zugeschrieben werden. Da das Wasser dieses Flusses nach der im Kap. XVIII. mitgetheilten Analyse eben so viel Chlornatrium enthält als die übrigen Salze zusammen betragen: so möchte man den verhältnifsmäfsig

Das Wasser dieses See's zeichnet sich daher durch seinen aufserordentlich hohen Salzgehalt vor den meisten Seen aus. Auf welche Weise dieser Salzsee und mehrere andere in *Asien* und *Amerika* ihren Salzgehalt erhalten haben mögen, davon wird im Kap. XVIII die Rede sein.

In *Ungarn, Aegypten* und an mehreren Stellen in *Asien, Africa* und *Amerika,* unter andern in *Columbien*[1]), finden sich Seen, welche mehr oder weniger reich an kohlensaurem Natron sind. In *Ungarn* kommen, nach Beudant[2]), die vorzüglichsten bei *Debreczin* auf grofsen Ebenen vor, und das Natron, welches sie liefern, wird als Handelswaare gesammelt. Diese Seen trocknen während des Sommers aus, wo man das efflorescirte Natron jeden 4ten und 5ten Tag sammelt. In *Unterägypten* liegen, nach d'Arcet[3]), die Natronseen in der Wüste am westlichen Ufer des *Nil* und davon ungefähr 20 engl. Meilen entfernt. Sie enthalten Sesquinatroncarbonat, Kochsalz und schwefelsaure Magnesia (Natron?) und werden durch viele kleine Quellen alimentirt, welche an der östlichen Seite entspringen. Sie sind nichts anderes als die Bassins, aus denen das wenig salzhaltige Wasser der Quellen verdunstet, und das Salz seit Jahrhunderten herauskrystallisirt. De Chancourtois[4]) beschreibt den *Van-See,* der im südlichen *Armeristan,* nahe an der *Persischen* Grenze liegt, und von

grösseren Gehalt an Chlornatrium in Bourton's Analyse daraus erklären.

[6]) Nebst schwefelsaurer Magnesia und schwefelsaurem Natron, welche indefs nicht neben Chlormagnesium im Wasser existiren können.

[7]) Da keine der übrigen Analysen kohlensaure Erden angibt, so sind auch diese dem *Jordan* zuzuschreiben.

[8]) Compt. rend. T. 42. p. 1230. Centralblatt 1856. Nr. 41. Boussingault konnte keine salpeters. Salze im Wasser finden. Es scheint ihm, dafs es keine constante, sondern im Laufe der Zeit verschiedene Zusammensetzung hat.

Eine Analyse von Moldenhauer (Jahresber. 1856 S. 763) weicht bedeutend von der obigen Analyse ab.

[1]) Palacio Foxan im Journ. of Sc. T. I. p. 188.

[2]) Edinb. philos. Journ. T. VII. p. 259.

[3]) Comptes rendus T. XXI. p. 579. Siehe auch Andréossy in Ann. de Chim. T. XXX. p. 320 und Russegger in Karsten's und von Dechen's Archiv Bd. XVI. S. 380.

[4]) Ebend. T. XXI. p. 1111.

Osten her seine Zuflüsse erhält. Er hat keinen Abflufs. Von einigen Natronseen auf der *Araxes*-Ebene gibt Abich Nachricht [1]). Sie finden sich in unmittelbarer Nähe von Lavaströmen. Die Ufer eines dieser Seen sind mit Krusten eines sehr festen Salzes bedeckt, welche gröfseren Theils von der Flüssigkeit getragen werden, und wovon losgetrennte Theile wie Eisschollen auf dem See schwimmen. Auch der Grund dieses See's ist mit einer mehrere Zoll dicken Salzrinde überzogen. Diese Seen rühren von Quellen her, welche unter der Lava hervortretend kleine Sümpfe bilden, die ihre Wasser in weiten und flachen Einsenkungen des Bodens vereinigen und daher der raschen Verdunstung eine ausgedehnte Oberfläche darbieten.

De Chancourtois, Abich und C. v. Hauer [2]) haben das Wasser solcher Seen analysirt.

	Van-See de Chancourt.	See bei *Taschburun* Abich	See südöstl. des kleinen *Ararat* Abich	*See Palic.* C. v. Hauer.
Kohlensaures Natron	0,861 [3])	0,98	3,70	0,123
Chlornatrium	0,938	4,99	21,36	0,057
Schwefelsaures Natron	0,333	0,69	5,57	0,009
Schwefelsaures Kali	0,055	—	—	—
Kohlensaure Magnesia	0,055 [3])	—	—	0,026
Kieselsäure	0,018	—	—	0,001
Eisenoxyd	Spuren	—	—	Spuren
	2,260	6,66	30,63	0,216
Wasser	97,740	93,34	69,37	99,784
	100,000	100,00	100,00	100,000

Mineralquellen von ähnlicher Zusammensetzung wie die dieser Seen, nur von viel geringerem Salzgehalt, finden sich in vulkanischen Gegenden, namentlich in den Umgebungen des *Laacher See* (Erste Aufl. Bd. I. S. 359) sehr häufig. Das Mineralwasser von *Roisdorf*, in der Nähe von *Bonn* (das. S. 389), hat einige Aehnlichkeit mit dem Wasser des *Van-See*: nur dafs dieses 5mal so viel Salze wie jenes enthält. Wenn jene Mineralquellen in wasserdichten Vertiefungen zusammenfliessend, Seen bildeten: so würden sich

[1]) Journ. für practische Chemie Bd. XXXVIII. S. 4.
[2]) Jahresbericht 1856. S. 765.
[3]) Sollen als Sesquicarbonate aufgelöst sein (?).

die Auflösungen durch Verdunstung concentriren und ähnliche Natronseen, wie die vorstehenden entstehen. Die Zusammensetzung des 865′ über dem Meere gelegenen *Laacher See* ist nach meiner Analyse in 10000 Th. Wassers: kohlensaures Natron 1,1259, schwefelsaures Natron 0,0959, Chlornatrium 0,1791, kohlensaurer Kalk 0,5398, kohlensaure Magnesia 0,2112, Kieselsäure 0,0295. Summe der löslichen Bestandtheile 1,4009. Summe der unlöslichen Bestandtheile 0,7805. Summe aller fixen Bestandtheile 2,1814. Wenn die Verdunstung aus diesem See mehr betrüge, als seine Zuflüsse: so würde endlich ein Salz herauskrystallisiren, welches gröfstentheils aus kohlensaurem Natron bestände.

Die seit langer Zeit bekannte Eigenschaft des *Lough-Neagh* in *Irland*, hinein geworfenes Holz zu versteinern oder vielmehr mit Eisentheilchen zu durchdringen [1]), veranlafste mich zu einer Analyse des Wassers dieses See's. Durch die Güte des Herrn James Lindsay in *Belfast* erhielt ich zwei Wasserproben, welche an zwei verschiedenen Stellen des See's geschöpft worden waren. In beiden schwammen viele graubraune Flocken, welche auf einem Filter gesammelt wurden. Das Wasser der einen Probe, welches gefüllt war in mit Korkstopfen verschlossene Bouteillen, war, abgesehen von jenen Flocken, klar und geruchlos (I); das der anderen Probe war etwas milchig und hatte einen äufserst unangenehmen, dem Schwefelwasserstoff ähnlichen Geruch (II), welches davon herrührte, dafs um die innere Fläche der Korkstopfen eine Blasenhaut gewickelt war, die während des Transports im Sommer 1852 angefangen hatte, in Fäulnifs überzugehen.

Ich beschränkte mich darauf, nur die nach dem Abdampfen der Wasserproben unlöslich gewordenen Bestandtheile zu analysiren, weil nur von diesen die versteinernde Eigenschaft des Wassers abgeleitet werden kann.

---

[1]) Phil. Transact. Nro. 158 p. 552. Ich mufs vermuthen, dafs sich in anderen englischen oder irländischen Werken über diese merkwürdige Eigenschaft etwas Näheres finden werde; mir ist aber hierüber nichts bekannt geworden.

	I.	II.
Kohlensaurer Kalk . . .	0,00170	0,00189
Kohlensaure Magnesia . .	Spur	Spur
Eisenoxyd	0,00021	0,00026
Thonerde	Spur	Spur
Kieselsäure	0,00014	0,00013
	0,00205	0,00228
Lösliche Bestandtheile . .	0,00521	
Schwebende Theile	0,00093	
	0,00819	
Wasser	99,99181	
	100,00000	

Die löslichen Bestandtheile enthielten 0,00327 Kochsalz, wenn das gefundene Chlor blos dem Natrium zugetheilt wird; Chlormagnesium oder Chlorcalcium waren aber vorhanden; denn die löslichen Bestandtheile wurden nach dem Abdampfen feucht, und nach dem Glühen schied sich eine weifse Erde ab, die sich in Salpetersäure vollständig auflöste. Sie zeigten aber auch eine deutliche alkalische Reaction: kohlensaure Alkalien waren daher vorhanden, schwefelsaure Salze aber nicht. Beim Glühen wurden sie schwarz, glimmten und verbreiteten einen empyrheumatischen Geruch.

Aus den schwebenden Theilen zog Salzsäure Eisen mit geringen Spuren von Thonerde aus. Ihre Menge war zu gering für eine quantitative Bestimmung.

Weit entfernt in dem Wasser dieses See's, wie man hätte vermuthen sollen, eine bedeutende Menge erdiger Bestandtheile zu finden, zeichnet es sich vielmehr durch deren aufserordentlich geringe Quantitäten aus. Mit der Angabe in den Philos. Transact., dafs das Versteinerungsmittel Eisen sei, und dafs, wenn die Versteinerung nur theilweise erfolgt, beim Verbrennen eines solchen Holzes, der versteinerte Theil blos zum Glühen kommt, und die rückständige Asche vom Magnet angezogen wird, stimmt aber überein, dafs Eisenoxyd in den schwebenden Theilen der Hauptbestandtheil ist. Einer näheren Untersuchung bleibt vorbehalten, ob die schwebenden Theile dem *Lough-Neagh* durch die sich in ihm mündenden Flüsse schon im suspendirten Zustande zugeführt werden, oder ob es das in deren Wasser aufgelöste kohlensaure Eisenoxydul ist,

welches, durch den atmosphärischen Sauerstoff als Eisenoxydhydrat ausgeschieden wird. Die geringe Menge Thonerde, welche demselben beigemengt ist, wird jedenfalls im schwebenden Zustande vorhanden sein, und möchte im letzteren Falle mit dem sich auf chemischen Wege ausscheidenden Eisenoxydhydrat niedergeschlagen werden.

Einer näheren Untersuchung bleibt gleichfalls vorbehalten, ob sich die Versteinerung des im See befindlichen Holzes nicht blos auf eine Incrustation beschränkt, oder ob sie bis in das Innere desselben dringt. In letzterem Falle müfste natürlich das Eisenoxydul im aufgelösten Zustande in das Innere dringen und daselbst abgesetzt werden, aber dann, wegen der reducirenden Wirkung des Holzes nicht als Eisenoxydhydrat. Herr Lindsay war so gütig, mir mehrere versteinerte Hölzer, welche am Ufer des *Lough-Neagh* und in dessen Umgebungen gefunden wurden, zu senden. Ich habe ein solches Holz analysirt, aber darin nur 0,54 Proc. Thonerde und Eisenoxyd, und dagegen 97,71 Proc. Kieselsäure gefunden. Es war daher ein silicificirtes Holz, welches vom Wasser des See's gewifs nicht versteinert worden war. Dieses Holz und die anderen petrificirten Stücke glichen so sehr den in der Braunkohlen-Formation vorkommenden silicificirten Hölzern, dafs man an ihrem gleichen Ursprung nicht zweifeln kann.

Aufser den wenigen im Vorhergehenden angeführten Analysen von Süfswasser-Seen, besitzen wir noch folgende Analysen: 1) *Zürcher See* nach Moldenhauer[1]); er enthält in 100 Th. Wasser 0,014 fixe Bestandtheile. 2) *Starnberger See* nach Mendius[2]) 0,005. 3) *Kachel-See* in *Bayern* 0,003 nach Johnson[3]). Von besonderem Interesse ist die Analyse des Wassers eines heifsen See's auf der vulkanischen Insel *White-Island*, *Plenty-Bay*, *Neuseeland* nach Du Ponteil[4]). 100 Theile des gelben, klaren, sehr sauer reagirenden Wassers ergaben:

---

[1]) Jahresber. 1857 S. 724.
[2]) Ebend. 1856 S. 765.
[3]) Ebend. 1855 S. 709.
[4]) Ebend. 1855 S. 831.

Schwefelsaurer Kalk	1,239
„ Thonerde	0,355
„ Magnesia	0,189
„ Kali	0,210
„ Natron	0,369
Chlormagnesium	0,066
Eisenchlorid	2,757
Phosphorsäure	0,227
Salzsäure	10,389
Kieselsäure	0,005
	15,806

zusammen 15,806 feste Bestandtheile (auch Spuren von Mangan und Borsäure).

Es ist nicht anders zu denken, als dafs diese Bestandtheile Producte der Wirkungen von vulkanischen Gasexhalationen auf das Gestein sind. Ob die schwefelsauren Salze von Schwefeligsäure- oder von Schwefelwasserstoff-Exhalationen herrühren, mufs weiteren Untersuchungen vorbehalten bleiben.

Ein so bedeutender Gehalt an freier Salzsäure ist eine sehr auffallende Erscheinung.

Nach zahlreichen Beobachtungen in tiefen Seen nimmt die Temperatur von der Oberfläche bis zu einer gewissen Tiefe fortwährend ab und sinkt bis auf 4° bis 5° herab, und diese Temperatur herrscht bis zu den gröfsten Tiefen.

Aus diesen zu verschiedenen Jahreszeiten angestellten Beobachtungen ergibt sich, dafs die Temperatur der Seen am Boden zwar sehr nahe derjenigen, bei welcher das Wasser die gröfste Dichtigkeit hat, kommt (3° R.); dieselbe aber nie ganz erreicht. Alle diese Temperaturen sind 0°,6 bis 2°,52 R. höher als 3°. Angenommen, der See habe, etwa im Herbst, in seiner ganzen Tiefe die Temperatur + 10°, und das Wasser empfange weder Wärme von dem Boden, noch gebe es Wärme an ihn ab. Kommt bei eintretender Kälte die Oberfläche des See's unter + 10°: so sinkt das dichter werdende Wasser zu Boden, und zwar so lange fort, bis es in der ganzen Tiefe des See's auf + 3° herabgekommen ist. Geht die Abkühlung auf der Oberfläche noch weiter: so hat dieses keinen Einflufs mehr auf die Temperatur des Wassers am Boden; denn jetzt müfste dieses Wasser durch Mittheilung kälter werden,

welches aber, seiner schlechten Wärmeleitungsfähigkeit und der grofsen Tiefe wegen, nicht geschehen kann. Der See wird also nun vom Boden an bis nahe an die Oberfläche 3⁰ sein. Nimmt die Temperatur der Oberfläche wieder zu: so kann dies nur soweit Einflufs auf die untern Wasserschichten haben, als sie Wärme durch Mittheilung empfangen. Eben angeführter Ursachen wegen kann sich dies aber nicht weit erstrecken, und die Beobachtungen von de la Beche zeigen auch eine Gleichheit der Temperatur von 40 bis 70 Faden und ebenso von 80 bis 164 Faden. Sie zeigen ferner eine Abnahme von der Oberfläche bis zu 40 Faden Tiefe um 10⁰; dagegen von da an bis zu 164 Faden, also bis zu einer 4mal so grofsen Tiefe, nur eine Abnahme von 0⁰,2. Man kann sich daher unter 40 Faden Tiefe eine Wasserschicht nach Gefallen denken, welche als absoluter Nichtleiter der Wärme von oben nach unten betrachtet werden kann. Nach de la Beche's Beobachtungen kann diese Wasserschicht eine Dicke von 30 bis 84 Faden haben. Es ist demnach nicht einzusehen, wie die Temperatur auf dem Boden des See's jemals 3⁰ übersteigen kann, besonders da wenigstens 2mal im Jahre die Oberfläche des See's diese Temperatur erreicht, bis zu welchen Zeiten die unterste Wasserschicht von 3⁰ in ihrer Höhe zunehmen wird. Finden wir demnach die Temperatur der *Alpen-Seen* zu allen Jahreszeiten am Boden um 0⁰,6 bis 2⁰,52 höher, als 3⁰: so mufs das Wasser diesen Wärmeüberschufs anderswoher empfangen, und da bleibt keine andere Wärmequelle übrig, als die Erde[1]).

Welche Schlüsse sich aus diesen Temperatur-Verhältnissen ergeben, davon war oben S. 8 die Rede. Eine weise Vorsehung hat dieses Verhältnifs geordnet. Könnten tiefe Seen bis zu ihrem Boden zufrieren: so würde ein einziger strenger Winter einen noch so tiefen See in seiner ganzen Tiefe zum Erstarren bringen und den Untergang aller Fische herbeiführen. Dafs ein noch so heifser Sommer nicht im Stande sein würde, eine 1000 Fufs tiefe Eismasse, wie z. B. im *Genfersee* zu schmelzen, ist einleuchtend. Die von ganz andern Verhältnissen abhän-

---

[1]) Meine „Wärmelehre des Innern unseres Erdkörpers" S. 143.

gige Gletscherbildung würde sich in den Seebecken wiederholen.

Die Betrachtung der Salzseen, namentlich die nähere Betrachtung des *Todten Meeres*, übergehen wir in diesem Kapitel. Sie folgt im Kapitel XVIII, da sie in inniger Beziehung mit dem Steinsalz steht, und da wir sehen werden, dafs in Salzseen noch in der Jetztzeit Absätze von Kochsalz von Statten gehen, deren Bildungsart unseren Vorstellungen über die Bildung des Steinsalzes zu Hilfe kommt.

Vergleichen wir die Flufsbette mit den Seebecken: so kommen wir bald zu der Ueberzeugung, dafs die Bildung beider von ganz verschiedenen Ursachen abhängt, welche an anderer Stelle zur Besprechung kommen werden.

C. Veränderungen im Laufe der Flüsse.

Die Veränderungen im Laufe der Flüsse in den neuern, zum Theil historischen Zeiten, ihre Ausbreitung in weiten Thälern und Ebenen, ihre zerstörenden Wirkungen auf die Ufer u. s. w. sind die Gegenstände der folgenden Betrachtungen. Mein Wohnort am *Rhein* hat mir erwünschte Gelegenheit verschafft, über diese Gegenstände Beobachtungen anzustellen.

In dem engen Thale zwischen *Bingen* und *Coblenz* und zwischen *Andernach* und *Königswinter*, wo der *Rhein* sein Bett im Schiefergebirge ausgetieft hat, kann er nur wenig Detritus dauernd absetzen; denn häuft sich dieser bei niedrigem Wasserstande auch etwas an: so wird er, wenn der Strom steigt, und dadurch die Geschwindigkeit desselben zunimmt, wieder in Bewegung kommen. Dies geschieht sogar schon dann, wenn der Strom durch die Absätze, wenn auch nur lokal, aufgestaucht wird; denn der im engen Thale von höhern Ufern eingeschlossene Strom kann nicht seitwärts ausweichen, sondern er mufs steigen, wenn sich auf dem Bette Detritus anhäuft. Der im flachen Lande mit geringem Gefälle fliefsende Strom kann sich dagegen ausbreiten, wenn ihm Hindernisse entgegentreten. Häufen sich daher Absätze in seinem Bette an: so weicht er seitwärts aus und sucht sich ein anderes Bett, wo ihm keine oder geringere Hindernisse entgegentreten. So sehen wir, dafs fast nach jeder Ueberschwem-

mung die Ströme im flachen Lande ihren Lauf mehr oder weniger verändern. Die bei hohem Wasser beschleunigte Geschwindigkeit des Stromes führt den Detritus weiter fort; nach dem Verlaufe der Fluth ragen diese Anhäufungen als Inseln hervor. Auf diese Weise erbreitet sich nach und nach das Bett um ein Vielfaches der normalen Breite des Stroms.

Der *Oberrhein* aufwärts *Mainz*, sowie der *Niederrhein* abwärts *Cöln* bieten viele Beispiele dieser Art dar. Die häufigen und oft sehr bedeutenden Krümmungen der Ströme im flachen Lande, wo man einen geraden Lauf erwarten sollte, rühren unter Anderem hiervon her.

Denkt man sich einen ursprünglich geraden Lauf eines Stromes, so werden schon heftige Stürme, welche

b ↓ *b*

a *a*

beim Hochwasser in der Richtung des Pfeils wehen, das Wasser nach dem Ufer *a a* treiben, wodurch dasselbe, wenn es aus losen Massen besteht, abgenagt und fortgeführt wird. Der Strom wird nach dieser Seite hingedrängt und selbst noch nach dem Eintreten des niedrigen Wasserstandes; denn bei *b* hat der Strom seine ursprüngliche Tiefe beibehalten, bei *a* hat sie aber in Folge des Aufwühlens des Bettes zugenommen. Beim fortdauernden Fallen des Wassers tritt also das Bett immer mehr hervor. Dadurch wird die Versandung an dieser Stelle begünstigt, und der Strom immer mehr nach dem entgegengesetzten Ufer gedrängt. Diese Ursachen werden sich besonders dann geltend machen, wenn der Strom von Nord nach Süd oder umgekehrt fliefst, und hohe Wasserfluthen, wie nicht selten, von Weststürmen begleitet sind.

Auch durch das von Winden gegen die Ufer eines Stroms getriebene Treibeis werden dieselben, und selbstredend noch bei Weitem mehr als durch Wasserfluthen, weggerissen, wodurch das Strombett erweitert wird.

Erscheint zur Winterzeit das Treibeis bei niedrigem Wasserstande und sinkt dieser, wie gewöhnlich, immer fort: so berühren bald an seichten Stellen die schwimmenden Eisschollen den Boden des Stroms und kommen zum Stillestehen. So häufen sich nach und nach bedeutende Eismassen an seichten Ufern und an Inseln, und der Strom

wird immer mehr nach dem entgegengesetzten Ufer, wo das Wasser eine gröfsere Tiefe hat, hingedrängt. Die Folge davon ist, dafs dieses Ufer durch die hier noch schwimmenden Eisschollen und das Wasser abgenagt wird, bis endlich die ganze Eisdecke zum Stehen kommt, und dann nur noch das unter ihr fliefsende Wasser wirken kann.

Es ist indefs zu bemerken, dafs die, die Ufer zerstörenden Wirkungen des Treibeises selten lange anhalten, indem oft schon wenige Tage nach dem Erscheinen desselben, bei schnell steigender Kälte, das Eis an Stellen, wo der Strom sich verengt, oder bedeutende Krümmungen macht, zum Stehen kommt.

So gilt es als Regel, dafs der *Rhein* zwischen *Bingen* und *Coblenz* sich zuerst bei *St. Goar*, wo beides stattfindet, stellt.

Die Eisdecke verlängert sich stromaufwärts bei lang anhaltendem Frostwetter immer fort, indem alles dort gebildete Treibeis sich an sie anschiebt.

In den Strömen in hohen geographischen Breiten kann sich die Eisdecke bis zu ihrem Ursprung verlängern. Es ist klar, dafs dann die oben beschriebenen Wirkungen des Treibeises auf die Ufer oberhalb der Eisdecke lange anhalten können. Aber auch unterhalb der zuerst gebildeten Eisdecke bildet sich eine neue an Stellen, wo der Strom sich verengt oder sich bedeutend krümmt, wenn die Treibeisbildung bei steigender Kälte auf dieser Strecke fortfährt. Man ersieht, dafs je nach den Umständen, die Wirkungen des Treibeises auf die Ufer an verschiedenen Stellen sehr ungleich, namentlich in Beziehung auf die Dauer sind.

In Flüssen bildet sich bekanntlich das Treibeis auf dem Boden derselben und steigt dann, wie man leicht wahrnehmen kann, auf. Sehr häufig schliefst es Rollsteine, Sand, Wurzeln u. s. w., die unzweifelhaften Zeugnisse dieser Entstehung, ein; daher auch der Name Grundeis. Der Eisgang führt diesen Detritus in das Meer, und so werden in kurzer Zeit Geschiebe von solcher Gröfse transportirt, wie sie auf dem Boden der Ströme bei hohem Wasserstande langsam fortrollend erst nach einer langen Reihe von Jahren und dann nur mehr oder weniger zerkleinert dahin gelangen.

In tiefen Seen kann sich kein Grundeis bilden, weil die untern Wasserschichten niemals bis zu 0° erkalten, sondern zur Winter- wie zur Sommerzeit eine Temperatur bewahren, welche nicht unter die der gröfsten Dichtigkeit des Wassers fällt, meist 4 bis 5°,5 R. beträgt.

Aus den S. 320 angeführten Temperaturverhältnissen der Seen ergibt sich nämlich, dafs diejenigen unter ihnen, welche eine grofse Tiefe haben und in den gemäfsigten oder kalten Zonen liegen, nur auf ihrer Oberfläche, nie aber bis zu ihrem Boden zufrieren können. Die Bildung von Grundeis in diesen Seen ist daher nicht möglich. Das auf solchen Seen schwimmende Grundeis wird also nur durch Flüsse zugeführt und kommt erst dann zum Stehen, wenn der See damit bedeckt ist, wozu bei grofsen Seen, wie z. B. beim *Bodensee*, eine lange Zeit erforderlich ist.

Daher die seltene Erscheinung, dafs dieser See ganz überfriert; denn meist bilden sich blos einzelne Eisinseln. Hört bei plötzlichem Eintreten des Thauwetters die Zuführung des Treibeises auf: so kann ein weiteres Zufrieren nicht mehr Platz greifen. Während der meisten Winter bleiben demnach die Eisschollen in Bewegung durch die Winde und werden durch diese bald nach diesem, bald nach jenem Ufer hingetrieben, wo sie zerstörend wirken und das Seebecken erweitern, wenn nicht künstliche Schranken entgegengestellt sind. Der bei *Constanz* abfliefsende *Rhein* bleibt so lange vom Eise frei, bis die Eisschollen diese Mündung erreicht haben, und dann noch; wenn das Ueberfrieren des See's erfolgt.

Das Schmelzen des Schnee's beim eintretenden Thauwetter, der Regen vermehren die Zuflüsse der Ströme. Das anschwellende Wasser hebt die specifisch leichtere Eisdecke und setzt sie in Bewegung, die Ufer werden durch sie abgenagt. Diese Wirkungen sind am schwächsten, wenn sich die Eisdecke in der ganzen Länge des Stroms gleichmäfsig losreifst. Dies geschieht aber äufserst selten, weil sich das Thauwetter in der ganzen Ausdehnung eines grofsen Stroms äufserst selten gleichzeitig einstellt. Tritt es in den untern Theilen des Laufes eines Stroms früher ein, als in den obern; heben sich daher die Eisdecken dort früher, als hier: so finden keine Eisstopfungen und damit

verknüpfte bedeutende Beschädigungen der Ufer statt. Beachtet man die von den Meereshöhen abhängigen klimatischen Verhältnisse: so durchfliefst ein Strom von seinem Ursprung bis zu seiner Mündung in das Meer immer wärmere Länder. Bei den aus Gletschern kommenden Strömen treten diese klimatischen Unterschiede am meisten hervor. Diesem gemäfs kommen die Eisdecken solcher Ströme in den untern Theilen ihres Laufes früher in Bewegung als in den obern.

Diese Verhältnisse werden aber durch die Richtung des Laufes des Stroms modificirt. Ein Strom, der nach höhern geographischen Breiten fliefst, kommt in immer kältere Länder, während ein nach niedern Breiten fliefsender Strom in immer wärmere gelangt.

Unter den Hauptströmen *Deutschlands* ist die *Donau* der einzige, welcher nach niederen Breiten fliefst. Dies beträgt aber nur 2,7 Breitengrade.

Der *Rhein* fliefst 5,5 Breitengrade nach höhern Breiten hin. Der *Hinter-Rhein-Gletscher* und der *Ober-Aar-Gletscher* sind als die Hauptquellen dieses Stroms zu betrachten. Jener hat 4810 F., dieser 5850 F. Meereshöhe.

Bei Strömen, welche wie der *Rhein* und seine Nebenflüsse in den Alpen durch Seen fliefsen, kommt nur ihr Lauf unterhalb derselben in Betracht; denn das Treibeis welches im obern Strome entsteht, sammelt sich in den Seen und kann nur dann beim Eisgang im Frühjahr den Ufern unterhalb derselben nachtheilig werden, wenn es in den Seen zum Stehen kommt.

Das Klima im ganzen Rheinthale vom *Bodensee* bis zur *Nordsee* ist nahe constant.

Die Richtung dieses von Süd nach Nord streichenden Thales bedingt zwar eine successive Temperatur-Abnahme vom *Bodensee* bis zur Mündung des *Rheins*; diese Abnahme wird aber durch die Temperatur-Zunahme in Folge der abnehmenden Meereshöhe ziemlich compensirt. Es sind daher beim *Rhein* keine, auf klimatische Verschiedenheiten gegründete Ursachen vorhanden, welche ein früheres Aufbrechen der Eisdecke in den untern Theilen des Stroms herbeiführen. Es können nur zufällige und lokale Ursachen sein, welche im Rheinthale bald hier, bald dort, das

Aufbrechen der Eisdecke veranlassen. Auf der langen Strecke vom *Bodensee* bis zur *Nordsee* tritt das Thauwetter nicht überall gleichzeitig ein; wo es aber zuerst thaut, da setzt sich auch zuerst die Eisdecke in Bewegung. Je enger das Strombett und je höher die Ufer, wie im Rheinthale zwischen *Bingen* und *Coblenz*, in desto kürzerer Zeit heben die zufliefsenden Schnee- und Regenwasser die Eisdecke. Wo aber das Bett breit und die Ufer flach sind, wie im Rheinthale oberhalb *Bingen* und unterhalb *Bonn*, da ist längere Zeit erforderlich, ehe diese Gewässer sich so anhäufen, um dies bewirken zu können.

Bricht die Eisdecke in den obern Theilen des Stromlaufes früher, als in den untern auf: so schiebt sie sich auf das noch stehende Eis oder lehnt sich an dieses an, und bildet einen Eisdamm, der im engen von steilen Gebirgsabhängen eingeschlossenen Thale bedeutende Höhen erreichen kann; im engen Rheinthale manchmal bis zu 20—30 Fufs. Der Strom mufs dann, um den Eisdamm fortführen zu können, bis zu solchen Höhen anschwellen, und setzen sich endlich bei hoch angeschwollenem Wasser solche Eisberge in Bewegung: so führen sie bedeutende Massen Sand, Thon und Gerölle, ja selbst Theile von anstehendem Gesteine fort, und das Strombett erweitert sich.

Entstehen solche Eisstopfungen in den untern Strekken des Stromlaufes, wo kein anstehendes Gestein vorhanden ist, und wo die Ufer niedrig sind: so treten stets nur Durchbrüche ein, wenn die Eisberge die Höhe der Ufer erreichen; denn die Eismassen leisten mehr Widerstand, als die losen Massen, aus denen die Ufer bestehen.

Der Strom verläfst dann sein Bett und biegt seitwärts aus. Die Eisdämme können gar nicht mehr fortgeführt werden, sondern bleiben bis zum Eintritte warmer Witterung liegen. Während sie allmälig schmelzen, wozu der folgende Sommer, wenn er kalt ist, bei Flüssen in hohen Breiten gar nicht hinreichen kann, tieft der Strom sein neues Bett fortwährend aus. Treten während dieser Zeit neue Ueberschwemmungen ein: so setzt der Strom da, wo er die Biegung gemacht hat, und wo sein gerader Lauf durch den Eisdamm gehemmt worden, Detritus ab, welcher selbst nach vollendetem Schmelzen des Eises, den

frühern Lauf des Stromes entweder gänzlich oder theilweise abgesperrt erhalten kann. In letzterem Falle theilt sich der Strom in zwei Arme.

Bei folgenden Eisgängen können unter gleichen Umständen dieselben Veränderungen im Stromlaufe und abermalige Verzweigungen der Arme eintreten.

Die vielfachen Verzweigungen der in höheren Breiten in das Meer sich ergiefsenden und noch Eis führenden Ströme an ihren Mündungen, rühren gewifs vorzugsweise von solchen Eisstopfungen her. Dafs indefs diese Verzweigungen in der Nähe der Seeküste auch nothwendige Folgen von Anschwemmungen bei hohen Wasserfluthen sein können, versteht sich von selbst.

Gleichwie anhaltendes Frostwetter erforderlich ist, um das grofsen Seen durch Flüsse zugeführte Treibeis zum Stehen zu bringen: so ist auch anhaltendes Thauwetter, mithin viel zufliefsendes Wasser nöthig, um die gebildete Eisdecke zu heben.

Eine Kälte von -18^0 bis -21^0, welche im Januar und Februar 1830 am *Bodensee* herrschte, bewirkte nach Diehlmann[1]) die seltene Erscheinung, dafs dieser See überfror. Bis zum 5. Februar war nur noch ein kleiner Kreis, *Friedrichshafen* gegenüber, wo die gröfste Tiefe ist, offen, aber mit grofsen Eisinseln bedeckt. Die Dicke des Eises war:

10000	Fufs	vom Ufer	6,5	Zoll
15000	„	„	5	„
20000	„	„	4	„
30000	„	„	3,5	„

Sie nahm also nach der Mitte hin ab. Da kein Grnnd vorhanden ist zur Annahme, dafs das dickere Treibeis nach dem Ufer, das dünnere nach der Mitte hin geführt worden sei: so kann die ungleiche Eisdecke nur davon herrühren, dafs dort an der untern Fläche der Eisschollen mehr Wasser angefroren war, als hier, oder vielmehr, dafs gegen die Mitte hin wenig oder gar kein Eis sich angesetzt hatte.

Vor 23 Jahren habe ich[2]) diese Verhältnisse zu er-

[1]) Schweigger-Seidels Jahresber. d. Chemie etc. LIX. 32.
[2]) Meine „Wärmelehre des Innern Erdkörpers“ 1837 S. 148.

klären versucht. Wenn, bemerkte ich, bei beginnendem Frostwetter die Oberfläche des See's nach und nach erkaltet, und dadurch abwärts gehende Wasserströmungen entstehen, welche so lange fortdauern, bis die Temperatur der Oberfläche 3° erreicht hat; so wird dieser Zeitpunkt an tieferen Stellen natürlich später eintreten, als an minder tiefen; denn dort befindet sich unter der Oberfläche eine gröfsere Menge über 3° erwärmten Wassers als hier, und so lange noch Wasser über 3° in der Tiefe vorhanden ist, werden diese nieder gehenden Strömungen stattfinden. Je tiefer also der See ist, desto später wird die Oberfläche bis zu 3° und dann weiter bis zum Gefrierpunkte erkalten.

Da die Existenz ganzer Städte und Dörfer, sowie grofser Strecken cultivirten Landes in den Niederungen der Ströme von der Höhe der Ufer und ihrer Befestigung abhängt: so hilft der Mensch, wenn die Natur ihn verläfst. In diesen Niederungen sind, seitdem Menschen dort sich angesiedelt haben, die grofsartigsten Wasserbauten ausgeführt worden und werden fortwährend ausgeführt. Gleichwohl sehen die dortigen Bewohner nach strengen Wintern mit banger Besorgnifs den Eisgängen entgegen; sie preisen sich schon glücklich, wenn bei ihnen die Eisdecke sich hebt, ehe noch Nachrichten vom Aufbruch derselben an obern Stellen des Stromlaufes eingetroffen sind.

Wenige Zoll des Uferrandes über dem Wasserstande des angeschwollenen Stroms wenden manchmal die Gefahr eines Durchbruchs ab. Die Niederungen des Rheinthales unterhalb *Düsseldorf*, besonders *Holland*, sind den zerstörenden Wirkungen der Eisgänge in hohem Grade ausgesetzt.

In der vorweltlichen Zeit, wo die Natur ihren freien Lauf hatte, wo ihr keine künstlichen Schranken entgegenstanden, traten in den Niederungen gewifs nach jeder grofsen Wasserfluth und Eisstopfung Durchbrüche in flachen Ufern und Veränderungen im Laufe der Ströme ein. Alle, oft weit sich fortziehenden Uferränder, welche flache Thäler einschliefsen, in denen jetzt kein Wasser mehr fliefst, oder sich nur während hoher Wasserfluthen sammelt, sind die authentischen Urkunden, welche solche Veränderungen im Laufe der Ströme bezeugen.

D. Alte Uferränder des *Rhein* zwischen *Andernach* und *Cöln*.

Am *Rhein*, wo der Strom aus seinem engen Thal im Schiefergebirge in das erweiterte Thal fliefst, zeigen sich schon die alten Uferränder. (Siehe die beigefügte Karte.)

Von *Andernach*, wo sich das Becken von *Neuwied* schliefst, fliefst der *Rhein* unmittelbar an den rechten Gebirgsabhängen bis *Scheuern*. Von hier bis *Rhöndorf* entfernt er sich von diesen, in einem Bogen zurücktretenden Abhängen. Diese Thalerweiterung bildet das Becken von *Honnef*, welches sich gegen Westen bei *Rhöndorf* schliefst. Von hier bis *Königswinter* bespült er noch einmal, aber das letzte Mal die Gebirgsabhänge.

Auf der linken Seite finden sich zwei Thalerweiterungen, kurz unterhalb *Andernach*, und bei *Sinzig* an der Mündung der *Ahr* in den *Rhein*. Letztere ist bemerkenswerth, weil an ihrer Bildung jener kleine Flufs, welcher jedoch ein grofses Gefälle hat, einen bedeutenden Antheil nahm. In den übrigen Strecken zwischen *Andernach* und *Königswinter* bespült der *Rhein* unmittelbar die Gebirgsabhänge.

Wo alte Uferränder auf der einen oder andern Seite eines Stromes sich finden, da müssen Veränderungen im Laufe desselben stattgefunden haben, wodurch er nach der entgegengesetzten Seite gedrängt wurde. Im Becken von *Honnef* sind aber keine alten Uferränder vorhanden; es ist daher nicht anzunehmen, dafs der *Rhein* nach der rechten Seite hin dieses Becken durch Erosion gebildet habe. Dafs er es aber ehemals überfluthet hatte, zeigt der darin abgelagerte *Rhein*-Detritus. Es war daher einst ein See, der gedämmt war durch das Schiefergebirge, welches sich bis zum *Rhein*, bei *Rhöndorf* auf der rechten, am *Roderberg* auf der linken Seite zieht, und unzweifelhaft den Strom durchsetzt. Durch die fortschreitende Erosion des Felsenbettes kam jener See zum Abflusse. Zeugen dieser Erosion im ehemaligen Damme sind die vielen Trachytblöcke, welche sich am Fufse des an das Schiefergebirge anschliefsenden *Drachenfels* weit in den *Rhein* hinein ziehen und von diesem Trachytkegel abstammen.

Der *Roderberg* schliefst einen vormaligen Krater ein.

In Schlacken und Laven finden sich Flufsgeschiebe eingeknetet, an einer Stelle liegen jene auf einer Schicht von Quarzgeröllen. Die vulkanischen Eruptionen haben also stattgefunden, nachdem das *Rheinthal* schon bis zu einer gewissen Tiefe erodirt und der Detritus, in Folge der fortschreitenden Hebung des Schiefergebirges über das dermalige Rheinbett gekommen war. Es kann nicht gedacht werden, dafs der *Roderberg* eine lokale Erhebung sei; denn Steinbrucharbeiten in neuester Zeit haben den Thonschiefer am Rande des ehemaligen Kraters nachgewiesen. Die eruptiven Massen können daher nur durch eine Spalte im Schiefergebirge gedrungen sein. Verfolgen wir den Lauf des *Rhein* unterhalb *Königswinter* in dem sehr erweiterten Thale.

Die Landstrafse auf der linken *Rheinseite* steigt an einer Stelle, abwärts *Mehlem*, dem *Drachenfels* gegenüber, plötzlich 20—25 Fufs hoch an. An dieser Stelle befindet sich zu beiden Seiten der Strafse ein aus Rheingeschieben bestehender, schroffer Abhang, der sich links bis zur Eisenbahn hinzieht und dieselbe zum Theile trägt, rechts sich weit verfolgen läfst.

Dieser vereinigt sich nämlich mit einem höhern schroffen Uferrande, der sich in ziemlich gerader Richtung bis nach *Küngsdorf* zieht, und dessen Fufs, bei aufserordentlich hohem Wasserstande, noch jetzt von den Fluthen des *Rhein* bespült wird. Hier trifft er mit dem dermaligen Uferrand zusammen. Von *Küngsdorf* bis *Plittersdorf* sind keine Spuren eines ehemaligen Uferrandes wahrzunehmen das jetzige Ufer war also auch das frühere.

In *Plittersdorf* mündet ein kleiner Bach, der in einem sehr flachen Thale fliefst, in den *Rhein*. In ziemlicher Entfernung von diesem Strome lehnt sich an dieses Thal ein sehr flacher, alter Uferrand an, der sich bis *Bonn* verfolgen läfst und sich hier mit dem jetzigen Uferrande vereinigt. Nur an wenigen Stellen, wo die Kultur noch nicht Platz gegriffen hat, erscheint er als ein schroffer Abhang.

Von *Godesberg* bis *Bonn* verfolgt man ein altes Strombett, welches sich bis *Kessenich* am Fufse des Gebirgabhanges hinzieht, von hier an aber dieses verläfst und sich nach *Bonn* wendet. Auf dieser letzteren Strecke, gleich

unterhalb *Kessenich*, sind die alten Uferränder deutlich zu erkennen; meist sind sie aber durch die Kultur verwischt. Auf der östlichen Seite neigt sich das linke *Rheinthal* etwas gegen dieses alte Strombett; zwischen *Kessenich* und *Bonn* auch auf der westlichen Seite. Die auf diesen geneigten Flächen niedergehenden Regenwasser, sowie die Quellwasser des Gebirgsabhanges, fliefsen dieser Niederung zu und bilden, da der Abflufs fehlt, Sümpfe zur nassen Jahreszeit.

In *Bonn* verliert sich das alte Flufsbett; wahrscheinlich sind in ihm die ehemaligen Festungsgraben ausgetieft worden. Ohne Zweifel communicirte es also hier mit dem *Rhein*, und schnitt daher in den oben erwähnten alten Uferrand, welcher noch der dermalige ist, ein.

Das ganze, auf der einen Seite von dem alten *Rheinbette* zwischen *Godesberg* und *Bonn*, und auf der andern Seite von dem theils alten, theils neuen Uferrande eingeschlossene *Rheinthal* erscheint demnach als eine ehemalige Insel, welche sich von dem oben erwähnten, die Landstrafse kreuzenden alten Uferrande bis nach *Bonn* zog.

Jenes alte Strombett läfst sich zwar aufwärts *Godesberg* mit Bestimmtheit nicht verfolgen, da indefs dort immer noch das *Rheinthal* gegen den Fufs des Gebirgsabhanges sich neigt, da eine Communication mit dem Hauptstrome statt gefunden haben mufs: so ist diese mit grofser Wahrscheinlichkeit dort anzunehmen, wo der oben angeführte schroffe Abhang bis zur Eisenbahn hinzieht, der jenseits derselben durch die Kultur längst abgeschrägt worden ist.

Die Wasserscheide auf dem flachen Rücken dieser ehemaligen Insel liegt den alten Uferrändern viel näher, als dem alten Flufsbette, am Fufse des Gebirgsabhanges an vielen Stellen so nahe, dafs sie mit jenen Uferrändern zusammenfällt. Von den Meteorwassern fliefst daher bei weitem weniger dorthin, als hierhin, und durch sie sind die Uferränder jenes alten Flufsbettes gröfstentheils so abgenagt worden, dafs sie nicht mehr kennbar sind, während die Uferränder auf der östlichen Seite, welche der Wirkung der Regenwasser weniger oder gar nicht ausgesetzt, unalterirt geblieben sind.

Oberhalb der ehemaligen Insel, wo der alte *Rhein* sich in zwei Arme verzweigt hatte, war der nach dem Gebirgsabhange gekehrte durch hohe Wasserfluthen oder durch Eisstopfungen versandet worden. Dies konnte um so leichter geschehen, als der Lauf dieses Armes gegen Westen gerichtet war, während die hohen Wasserfluthen nördlich strömten. In solchen Fällen, wo die Hauptströmung quer über einen Flufsarm geht, wird der von ersterem fortgeschobene Detritus im Bette des letzteren in grofsen Massen abgesetzt.

Hört die Strömung in transversaler Richtung nach beendigter Fluth auf, so kann der in seine Ufer zurückgetretene Flufs diesen Absatz nicht mehr gewältigen, sondern sucht andere Auswege, wo ihm geringere Schwierigkeiten entgegenstehen. Im vorliegenden Falle wurde die Verzweigung in zwei Arme vollständig aufgehoben, die ganze Wassermasse drängte sich in denjenigen Arm, welcher die Richtung des aus dem Gebirge kommenden Stromes hatte.

Die schwebenden Theile, welche die Regenwasser vom Gebirge und von dem gegen das alte Bett geneigten Lande hinabführen, verschlämmten diese Niederungen und erhöhten den Boden. Ist diese Neigung ausgeglichen, so werden nur noch vom Gebirge herab trübe Theile zugeführt werden. Das alte Flufsbett wird also fortwährend erhöht werden, und alle Spuren dieses ehemaligen Rheinlaufes werden einst verschwinden. Dann wird sich auch das normale Verhältnifs, dafs in den Thälern von den Gebirgsabhängen das Land gegen den Strom fällt, und alle von den Höhen kommenden Gewässer diesem oberflächlich zugeführt werden, während die Communication mit dem *Rhein* in jener Niederung nur unterirdisch stattfindet, wieder herstellen.

Die Specialkarten zeigen die bedeutende Erweiterung des Rheinthals zwischen *Bonn* und *Cöln*. Auf der linken Rheinseite bei *Poppelsdorf* beginnt ein ganz charakteristischer alter Uferrand, der sich hier mit dem tertiären Gebirge, an dessen Fufs dieses Dorf liegt, auskeilt. Dieser Uferrand zieht sich über die Dörfer *Endenich* und *Dransdorf* bis *Roisdorf* fort, wo er sich wieder an das tertiäre Gebirge anschliefst und den Fufs desselben bis nach

Bornheim begränzt. Unterhalb *Bornheim* verläfst er das Gebirge, beschreibt einen Bogen, kehrt sich dann gegen N. O. und wird oberhalb *Sechtem* von der Eisenbahn durchschnitten. Er wendet sich dann gegen N. und verflacht sich unterhalb des Dorfes.

Zwischen diesem ungefähr 2 Meilen lang sich fortziehenden alten Uferrande und dem dermaligen Rheinbette finden sich selbst nicht Spuren von alten Uferrändern. Zwei verschiedene Terrassen sind daher auf dieser Strecke deutlich zu unterscheiden; die erste bildet das über dem dermaligen Rheinbett liegende Rheinthal zwischen diesem und dem beschriebenen alten Uferrand, und die zweite das im höhern Niveau befindliche Rheinthal zwischen diesem und dem Fufse des tertiären Gebirges.

Die Abhänge des tertiären Gebirges, welche die oberste Terrasse des Rheinthals einschliefsen, verflachen sich von *Poppelsdorf* bis *Brühl* allmälig in diese Terrasse, und um so mehr, je mehr die Höhe dieser Abhänge rheinabwärts abnimmt, und das Gebirge sich endlich unterhalb *Kendenich* bei *Cöln* in das Rheinthal verläuft. Wo diese Abhänge mit den alten Uferrändern, welche die erste Terrasse einschliefsen, zusammenfallen, sind sie schroff und steil. Es ist jedoch zu bemerken, dafs sich mehrere Dörfer, welche am Fufse des tertiären Gebirges liegen, namentlich *Poppelsdorf* und *Roisdorf* an steilen Abhängen finden, welche aufserhalb dieser Dörfer verschwunden sind. Es scheint dies absichtlich geschehen zu sein, um den daran gebauten Häusern Schutz zu gewähren, während sie im freien Felde durch die Cultur abgeflacht worden sind.

Zwischen *Poppelsdorf* und *Roisdorf* sind drei Thäler in das tertiäre Gebirge eingeschnitten, durch welche kleinere Bäche fliefsen. Dasjenige, welches oberhalb *Duisdorf* sich öffnet, ist im Alluvium der zweiten Terrasse ungefähr ½ Meile lang bis zum Uferrand der ersten Terrasse eingeschnitten.

Damals, als der *Rhein* oder vielmehr der grofse See, in den sich der Strom ergossen hatte, noch den Abhang des tertiären Gebirges bespülte, mündeten die Bäche *a, b, c, d* am Fufse desselben in diesen See. Als sich dieser später bis zu den alten Uferrändern der ersten Terrasse zurück-

zog, tieften sie ihr Bett bis zum Niveau dieser Terrasse im Alluvium aus, und flache Thäler wurden gebildet. Die Bäche mündeten dann am Fuſse der zweiten Terrasse in den zurückgegangenen See. Als endlich auch das Alluvium der ersten Terrasse trocken gelegt wurde, und der *Rhein* nicht mehr durch einen See, sondern auf seinem dermaligen Bette floſs, schnitten die Bäche auch in diesem Alluvium ein. Dies betrug aber so wenig, daſs die Thalbildung nicht fortschreiten konnte.

Auf der rechten Rheinseite finden sich zwischen dem dermaligen Ufer des Stromes und den Gebirgsabhängen von *Königswinter* bis *Oberkassel* keine alten Uferränder. Von da bis *Limprich* zieht sich indeſs an diesen Abhängen eine schmale Niederung hin, welche sich unterhalb dieses Ortes schlieſst. Sie deutet auf einen ehemaligen Rheinarm und noch jetzt wird sie bei hohem Wasserstande überfluthet.

Vergleicht man diese Verhältnisse mit denen auf der linken Rheinseite, wo sich alte Uferränder zwischen dem jetzigen Ufer und den Gebirgsabhängen finden: so ergibt sich, daſs der Strom in seinem Laufe im Detritusbette von diesen Abhängen fortwährend abgelenkt und den jenseitigen zugekehrt wurde. Die Ursache dieser Ablenkungen ist darin zu suchen, daſs der jetzige Lauf des *Rhein* nahe in der Richtung des Stroms oberhalb des *Drachenfels* sich befindet, während die alten Rheinbette, namentlich das oben erwähnte, an den Gebirgsabhängen weit davon abweichen. Solche Arme eines Stromes sind aber, wie oben (S. 326) dargethan wurde, der Ueberschüttung mit Detritus bei hohen Wasserfluthen ausgesetzt.

Unterhalb *Limprich* begränzt der letzte basaltische Ausläufer des *Siebengebirges*, der *Finkenberg*, das Rheinthal, mit dem sich hier das weite, flache *Siegthal* vereinigt. Die *Sieg* mündet eine halbe Meile unterhalb dieser Begrenzung in den *Rhein*. Abwärts von dieser Mündung ziehen sich mehrere Arme mehr oder weniger weit in das aufgeschwemmte Land hinein, ohne aber mit der *Sieg* zu communiciren. Zwei dieser Arme *e* und *f*, die längsten, sind tief im Detritus eingeschnitten. In ihnen floſs unzweifelhaft die *Sieg* in frühern Zeiten. Rheinaufwärts rückte daher ihre Mündung fort, und die Ursache dieser Verände-

rungen in ihrem Laufe kann nur darin gesucht werden, dafs bei hohen Wasserfluthen so grofse Massen von Detritus in den frühern Flufsbetten herabgeführt worden, dafs sie der Flufs nach Eintritt des niedern Wasserstandes nicht mehr gewältigen konnte und sich daher neue Auswege suchen mufste.

Alle besprochenen Verhältnisse erläutert die beigefügte Karte. Alle Stellen, wo der alte Uferrand unzweifelhaft durch die Cultur verwischt ist, sind durch Punkte bezeichnet.

Kapitel VI.

Hebung und Erosion.

A. Hebung.

Der Betrachtung der Erosion der Erdoberfläche durch Flüsse lassen wir die der Erhebung des Meeresgrundes über die Meeresfläche vorausgehen.

Wenn man sedimentäre Formationen mit Resten von Meeresthieren in Höhen von 10000 bis 12000 Fufs über dem Meeresspiegel findet: so mufs man schliefsen, dafs einst, als diese Formationen abgesetzt wurden, das Meer in solchen Höhen gestanden habe, oder dafs sie nach ihrem Absatze gehoben worden seien. Abgesehen davon, dafs durchaus nicht nachgewiesen werden kann, wohin jener Meeresüberschufs gekommen sein soll, steht jenem Schlusse besonders der Umstand entgegen, dafs eine Senkung des Meeres ein gleichzeitiges Auftauchen aller Continente und Inseln bedingen würde. Studer[1]) sagt ganz richtig: „die letztere Erklärung unterscheidet sich dadurch vortheilhaft von ersterer, dafs sie alle Bewegungen nur als lokale betrachten und auf die Gegend beschränken darf, deren Verhältnisse sie fordern, während eine Veränderung in der Höhe des Meeres stets eine allgemeine, über die ganze Erdfläche ausgedehnte, sein müfste. Entscheidend spricht endlich zu Gunsten einer Annahme abwechselnder Hebungen und Senkungen des Bodens im Gegensatze eines Rückzuges und neuen Aufsteigens der Meere die Thatsache, dafs die erstere sich auf bestimmte Erfahrungen stützt, die letztere aber leere Hypothese ist."

Dafs Wasserdämpfe das Hebungsmittel der Laven, der vulkanischen Bomben, Rapilli u. s. w. sind, ist unzweifelhaft. Die ungeheuren Entwickelungen von Wasserdämpfen bei vulkanischen Eruptionen, die dadurch bewirkten heftigen Regen beweisen dies[2]). Ohne Schwierigkeit ist auch

[1]) Lehrbuch der physikalischen Geographie und Geologie S. 193.

[2]) Daubreé (Bull. de la soc. géol. de France 1861. 2 série XVIII 193) hat auf experimentellem Wege die Frage zu beantworten ver-

zu begreifen, wie in geschlossenen Kanälen durch Wasserdämpfe geschmolzene Massen gehoben werden und zum Ausflusse aus dem Krater kommen, und nicht geschmolzene über den Krater geschleudert werden.

Eine säculare Hebung des Landes dagegen durch Wasserdämpfe, gleich der des Kolbens im Cylinder der Dampfmaschinen, würde Bedingungen im Innern der Erde voraussetzen, die mit physikalischen Gesetzen nicht in Einklang zu bringen wären. Die Zunahme der Expansivkraft der Wasserdämpfe erreicht ein Maximum, welches eintreten würde, wenn die Dichtigkeit der Wasserdämpfe gleich der des liquiden Wassers werden würde. Nach Cagniard de la Tour[1]) nimmt der gesättigte Wasserdampf bei einer Temperatur, welche dem Schmelzpunkte des Zinks nahe

---

sucht ob die ungeheuren Mengen von Wasserdampf, welche im Zusammenhang mit vulkanischer Thätigkeit jeden Tag dem Erdinnern entsteigen, nicht gänzlich oder theilweise ersetzt werden können. Es ergibt sich hierbei natürlich sogleich, dafs die Zuführung von neuen Wassermengen nicht auf offenen Spalten vor sich gehen kann, denn diese würden dem hochgespannten Dampf einen Ausweg darbieten. Der einzig mögliche Weg, auf welchem das Wasser in das Erdinnere gelangen kann, ist der durch die Porosität und Capillarität der Gesteine angezeigte und es entsteht die Frage, ob eine capillare Infiltration durch poröse Stoffe auch dann möglich sei, wenn von unten ein starker Druck entgegenwirkt, wie ihn in der Natur die Wasserdämpfe des Erdinnern ohne Zweifel erzeugen werden. Der Apparat, dessen sich Daubrée zur Lösung dieser Frage bediente, bestand in einer Sandsteinplatte von 2 Centimeter Dicke, welche auf ihrer Oberfläche mit Wasser bedeckt war, während von unten hochgespannte Wasserdämpfe entgegenwirkten. Es zeigte sich dabei offenbar, dafs das Wasser des obern Recipicienten die Platte allmälig durchdringt und sich in den untern Raum begibt trotz des von hier aus wirkenden Drucks. Bemerkenswerth ist es noch, dafs dieses capillare Durchsickern unter solchen Verhältnissen sogar in noch viel rascherm und bedeutenderm Maafse vor sich geht als unter gewöhnlichen Umständen, begünstigt durch die schnelle Evaporation und Austrocknung der heifsen untern Plattenwand. Bei der bekannten Porosität selbst des festesten Gesteins ist derselbe Vorgang, über den diese Versuche Licht verbreiten, auch im Grofsen möglich und die sogenannte Gebirgsfeuchtigkeit vielleicht nichts anderes als solches auf der Wanderung nach unten begriffenes Wasser.

[1]) Joh. Müller, Lehrb. der Phys., 5. Aufl., Bd. II S. 560.

liegt, einen ungefähr viermal gröfseren Raum ein als im flüssigen Zustande, und müfste demzufolge etwa bei der Temperatur der Rothglühhitze die Dichtigkeit des gesättigten Wasserdampfes der des Wassers gleich sein.

Die Temperatur in dem unterirdischen Raume, in welchem die Dampfbildung erfolgte, müfste stetig wachsen, damit die Expansivkraft der Dämpfe fortwährend zunehmen könnte. Sollte sie schwanken, so würde die gehobene Masse bald steigen, bald sinken. Sollte endlich durch irgend einen Zufall Wasser in jenen Raum dringen: so würde, wie bei den Dampfmaschinen eine plötzliche Condensation des Dampfes eintreten und das gehobene Land augenblicklich zusammenstürzen. Unbegreiflich ist es daher, wie meilenhohe Gebirgsmassen durch die Expansivkraft der Wasserdämpfe gehoben und im leeren Raume dampfdicht schwebend erhalten werden sollten.

Nehmen Mineralien und Gebirgsgesteine Stoffe auf: so nimmt die Masse zu und auch das Volumen, sofern sich nicht durch diese Aufnahme das specifische Gewicht vergröfsert. Vermindert es sich: so nimmt das Volumen in gröfserem Verhältnisse als die Masse zu. Mineralien, welche durch Kohlensäure zersetzbare Silicate enthalten, sind von dieser Art; denn sind sie während langer Zeiträume der Kohlensäure ausgesetzt: so entstehen Carbonate und Thonerdesilicate und Kieselsäure wird ausgeschieden. Diese Zersetzungsproducte haben aber meist ein geringeres specifisches Gewicht, als die Mineralien vor ihrer Zersetzung.

Ist s das specifische Gewicht eines Minerals, a dessen absolutes und v dessen Volumen: so ist bekanntlich

$$s = \frac{a}{v} \text{ mithin } v = \frac{a}{s}.$$

I. Absolute Gewichte der in nachstehenden Mineralien und Gesteinen vorkommenden Bestandtheile.

II. Specifische Gewichte der Zersetzungsproducte.

III. Volumina dieser Zersetzungsproducte. Die Coefficienten sind die Quotienten der specifischen Gewichte in die stöchiometrischen Verhältnifszahlen. So erhält man z. B. die Menge des Eisenoxydulcarbonat, welche eine gewisse Menge Eisenoxydul liefert, wenn diese mit dem Coef-

ficienten 1,61 multiplicirt wird; mithin ist das Volumen dieses Carbonat $= \frac{1,61}{3,75} = 0,43$.

Bei der Zersetzung thonerdehaltiger Mineralien und Gesteine durch Kohlensäure entstehen stets Hydrate von Thonerdesilicat. Die Thone wechseln sehr in ihrer Zusammensetzung. Da es bei den in Rede stehenden Calculationen nur darauf ankommt, durch Beispiele zu zeigen, welche Werthe die Volumen-Zunahme bei den Zersetzungen durch Kohlensäure hat, und diese Werthe je nach der veränderlichen Zusammensetzung der Gesteine (man kann sagen) unendlich variiren: so wurde die Zusammensetzung des Kaolin von *Limoges* nach Forchhammer als mafsgebend angenommen. Danach ergibt sich, dafs die Menge der Thonerde mit 2,67 multiplicirt die des wasserhaltigen Kaolin gibt; das Volumen des letzteren ist daher gleich $\frac{2,67}{2,1} = 1,27$. Da ferner die Menge der Thonerde mit 1,32 multiplicirt die der Kieselsäure gibt: so ergeben sich die untenstehenden Gleichungen. Auf nachstehende specifischen Gewichte wurden die Calculationen gegründet:

I.	II.		III.
Kieselsäure $= a$		2,2	$\frac{a}{2,2}$
Thonerde $= b$	Kaolin	2,1	$1,27\,b$
Kieselsäure im Kaolin $= 1,32\,b$ . .			
Freie Kieselsäure im zersetzten Gestein $a - 1,32\,b$	Quarz [1]	2,2	$\frac{a - 1,32\,b}{2,2}$
Eisenoxydul $= c$	Carbonate von nebenstehenden Basen.	3,75	$0,43\,c$
Manganoxydul $= d$		3,55	$0,46\,d$
Kalkerde $= e$		2,70	$0,66\,e$
Magnesia $= f$		3,00	$0,70\,f$
Kali $= g$		2,25	$0,65\,g$
Natron $= h$		1,423	$3,23\,h$

[1] Die künstlich aus Silicaten durch Säuren ausgeschiedene Kieselsäure hat dasselbe specifische Gewicht; daher sind wir berechtigt, es auch für die natürliche auf gleiche Weise ausgeschiedene Kieselsäure anzunehmen. Kommt sie später zum Krystallisiren: so steigt das specifische Gewicht auf 2,6.

Bei Zersetzung quarzfreier Gesteine, z. B. des Basalt, durch Koh-

Aus vorstehenden Quotienten und Coefficienten ersieht man, welche Bestandtheile bei der Zersetzung der Gesteine eine Zunahme des Volumens mehr oder weniger veranlassen. Die gröfste Zunahme veranlafst das Natron, weil es nicht blos Kohlensäure, sondern auch eine bedeutende Menge Wassers aufnimmt (das krystallisirte Natroncarbonat enthält 62,85 % Krystallwasser), und weil dieses Salz unter allen Zersetzungsproducten das geringste specifische Gewicht hat. Gesteine, welche dieses Alkali vorwaltend enthalten, ergeben daher bei ihrer Zersetzung die gröfste Zunahme ihres Volumens.

Die Zersetzungsproducte dreier Mineralien durch Kohlensäure, welche zu den am meisten verbreiteten gehören und Gemengtheile mächtiger Silicatgesteine sind, wurden berechnet: Orthoklas, der die an Kieselsäure und an Alkalien reichsten Silicate repräsentirt, Albit, weil er der an Natron reichste Feldspath ist, und Labrador, weil er in basaltischen und andern krystallinischen Gesteinen vorkommt; ferner thonerdehaltiger Augit, der die alkalifreien Silicate und thonerdefreier Augit, der die seltenen Silicate repräsentirt, welche bei Zersetzung durch Kohlensäure kein Kaolin geben. Wir fügen hinzu den Wollastonit, weil dieses durch Kohlensäure so leicht zersetzbare Kalksilicat zeigt, welchen Antheil es an der Volumenzunahme bei der Zersetzung so vieler Silicatgesteine, die es enthalten, nimmt.

---

lensäure, scheidet sich die Kieselsäure, wie bei künstlichen Zersetzungen durch Säuren gewifs als amorphe aus. Bei Zersetzung von Gesteinen, welche, wie die granitischen, krystallisirten Quarz enthalten, scheidet sich dieser unverändert aus. Daher finden wir auch in Kaolinen Quarzkrystalle. Die durch Zersetzung der Silicate mittelst Kohlensäure ausgeschiedene Kieselsäure ist aber amorph, wenn sie nicht später in den krystallinischen Zustand übergeht. Da durch die chemische Analyse quarzhaltiger Gesteine weder die freie noch die an Basen gebundene Kieselsäure zu ermitteln ist, so kann bei den Calculationen eine Sonderung beider Modificationen der Kieselsäure nicht stattfinden. Unstreitig ist aber die krystallisirte Kieselsäure in geringerer Menge vorhanden, als die amorphe; daher wurde die ganze Menge als amorphe angenommen.

Feldspathe und Wollastonit.

	I.[1]	II.[2]	III.[3]	IV.[4]
Kieselsäure	65,21	69,09	53,42	51,96
Thonerde	18,13	19,22	29,71	—
Kalkerde	—	—	12,35	48,04
Kali	16,66	—	—	—
Natron	—	11,69	4,52	—
	100,00	100,00	100,00	100,00
Spec. Gewicht	2,56	2,625	2,725	2,85
Volumen	39,06	38,09	36,69	35,09
Zersetzungsproducte.				
Quarz	18,77	19,87	6,45	23,6
Kaolin	21,93	24,41	37,73	—
Kalkcarbonat	—	—	8,15	31,7
Kalicarbonat	10,86	—	—	—
Natroncarbonat	—	37,76	14,60	—
	51,56	82,04	66,93	55,3
Volumen-Zunahme	1,32	2,1	1,82	1,58

Die an Natron reichsten Feldspathe und selbst noch diejenigen, in denen dieses Alkali zurücktritt, und dagegen die Thonerde bedeutend steigt, zeigen bei ihrer Zersetzung durch Kohlensäure eine viel bedeutendere Volumenzunahme als der Orthoklas.

Augit.

	I.[5]	II.[6]	III.[7]	IV.[8]	V.[9]
Kieselsäure	54,64	49,01	50,90	49,79	55,40
Thonerde	—	—	5,37	6,67	2,83
Kalkerde	24,94	20,87	22,96	22,54	15,70
Magnesia	18,00	2,98	14,43	12,12	22,57
Eisenoxydul	1,08	26,08	6,25	8,02	2,50
Manganoxydul	2,00	—	—	—	0,43
Summe	100,66	98,94	99,91	99,14	99,43
Spec. Gewicht	3,35	3,35	3,35	3,35	3,35
Volumen	30,05	29,53	29,82	29,59	—

[1]) Orthoklas, normale Zusammensetzung.

[2]) Albit ebenso. [3]) Labrador ebenso. [4]) Wollastonit ebenso.

[5]) Weifser Malakolith von *Or rfei* in *Finnland* nach H. Rose in Schweigg. Journ. XXXV. S. 86.

[6]) Hedenbergit von *Tunaberg* in *Södermanland*, nach demselben.

[7]) Augit aus der Lava des Vesuv nach Kudernatsch. Poggendorff's Ann. Bd. XXXVII S. 577.

[8]) Vom *Gillenfelder* Maar in der *Eifel*, nach demselben.

[9]) Bläulichgrüner Augit von *Pargas* nach Nordenskjöld Schweigg. Journ. XXXI. S. 427.

Zersetzungsproducte.

Quarz	24,84	22,28	19,91	18,63	23,48
Kaolin	—	—	6,51	8,07	3,59
Kalkcarbonat	16,44	13,76	15,14	14,88	10,36
Magnesiacarbonat	12,60	2,09	10,10	8,48	15,80
Eisenoxydulcarbonat	0,46	11,20	2,68	3,45	1,08
Manganoxydulcarbon.	0,91	—	—	—	0,20
Summe	55,25	49,33	54,34	53,51	54,51
Volumen-Zunahme	1,84	1,67	1,82	1,81	1,84

Zur Bestimmung der Volumenzunahme der Gebirgsgesteine wurden nachstehende weitverbreitete Silicatgesteine als Repräsentanten der krystallinischen, metamorphischen, der vulkanischen und sedimentären Gesteine gewählt.

Granit und Gneifs.

	I.[1]	II.[2]	III.[3]	IV.[4]
Kieselsäure	63,8	65,74	73,13	74,51
Thonerde	18,7	18,28	12,49	13,05
Eisenoxydul		1,32	2,58	3,85
Manganoxydul	—	—	0,57	—
Kalkerde	2,3	1,26	2,40	3,26
Magnesia	13,8	0,20	0,27	0,48
Kali		9,25	4,13	2,31
Natron		4,20	2,61	3,64
Glühverlust	1,4	—	0,53	—
Summe	100,0	100,25	98,71	101,10
Spec. Gewicht	2,56	2,59	2,59	2,6374
Volumen	39,06	38,71	38,11	38,33

[1]) Sehr zersetzter Granit von *St. Bresson* Delesse Ann. d. mines (5) T. III p. 309 etc.

[2]) Granit vom *Trudelberg* in *Boehmen*, aus Feldspath, Quarz und Glimmer mit hier und da etwas Oligoklas bestehend. Whitney. Zeitschr. d. deutsch. geol. Ges. Bd. I, S. 361.

[3]) Granit von *Strigau*. Aug. Streng Poggendorff's Ann. Bd. XC. S. 122 ff.

[4]) Grobflaseriger Gneifs au *Norberg* in *Schweden* besteht aus Orthoklas, Quarz und Glimmer. Schönfeld u. Roscoe Jahresb. 1854 S. 880.

Zersetzungsproducte.

Quarz	17,78	18,90	25,75	26,04
Kaolin	23,75	23,22	15,15	16,57
Eisenoxydulcarbonat	—	0,57	1,11	1,66
Manganoxydulcarbonat	—	—	0,26	—
Kalkcarbonat	1,52	0,83	1,58	2,15
Magnesiacarbonat	8,97	0,14	0,19	0,34
Kalicarbonat		6,01	2,69	1,50
Natroncarbonat mit Krystallwasser		13,57	8,42	11,77
Summe	52,02	63,24	55,15	60,03
Volumen-Zunahme	1,3	1,65	1,45	1,57

Da die Analyse I. unvollständig ist, so können die berechneten Resultate nicht correct sein. Dieser Granit wurde aufgenommen, weil er sich in einem zersetzten Zustande befindet, und gleichwohl noch einen bedeutenden Gehalt an Alkalien zeigt. Die schon eingetretene Zersetzung scheint sich also blos darauf zu beschränken, dafs er bereits Wasser aufgenommen hat.

Basalt.

	I.[1]	II.[2]	III.[3]
Kieselsäure	44,90	53,0	43,71
Thonerde	18,71	18,4	10,30
Eisenoxydul	9,09	9,5	3,57
Eisenoxyduloxyd	—	—	10,79
Manganoxyd	—	—	1,18
Kalkerde	12,90	6,8	15,08
Magnesia	7,14	3,5	12,33
Kali	0,68	2,7	0,80
Natron	6,58	3,1	2,16
Glühverlust	—	3,7	—
Summe	100,00	100,7	99,92
Spec. Gewicht	3,00	3,00	3,00
Volumen	33,33	33,57	33,31

[1]) Basalt von *Wickenstein* bei *Querbach* in *Niederschlesien,* nach Loewe, Poggendorff's Ann. Bd. XXXVIII. S. 151.

[2]) Basalt von *Polignac, Haute Loire,* nach Ebelmen. Compt. rend. T. XX. p. 1415.

[3]) Basalt von *Stetten* im *Hegau* nach C. G. Gmelin, Leonhardt's Basalt-Gebilde Abth. I. S. 269.

Zersetzungsproducte.

Quarz	9,18	13,05	13,70
Kaolin	22,64	22,26	13,08
Eisenoxydulcarbonat .	3,91	4,09	5,86
Manganoxydulcarbonat .	—	—	0,54
Kalkcarbonat	8,51	4,49	9,95
Mangnesiacarbonat . .	5,00	2,45	8,63
Kalicarbonat	0,44	1,76	0,52
Natroncarbonat mit Krystallwasser . . .	21,25	10,01	6,98
Summe .	70,93	58,11	59,26
Volumen-Zunahme . .	2,13	1,73	1,78

Lava.

	I.[1]	II.[2]	III.[3]	IV.[4]
Kieselsäure	49,07	53,10	48,83	76,38
Thonerde	16,71	16,58	16,15	11,53
Eisenoxydul	12,36	10,70	16,32	3,59
Manganoxydul . . .	—	—	0,54	—
Kalkerde	5,54	3,34	9,31	1,76
Magnesia	5,26	1,16	4,58	0,40
Kali	4,37	2,23	0,77	1,88
Natron	6,06	9,46	3,45	4,46
Summe .	99,37	96,57	99,95	100,00
Spec. Gewicht . . .	2,894	—	—	—
Volumen	34,34	33,37	34,53	34,55

Zersetzungsproducte.

	I.	II.	III.	IV.
Quarz	12,28	14,190	12,50	27,80
Kaolin	21,22	21,057	20,51	14,64
Eisenoxydulcarbonat .	5,32	4,601	7,02	1,54
Manganoxydulcarbonat	—	—	0,25	—
Kalkcarbonat . . .	3,66	2,204	6,14	1,16
Magnesiacarbonat . .	3,68	0,812	3,21	0,28
Kalicarbonat	2,84	1,450	0,50	1,22
Natroncarbonat . .	19,57	30,556	11,14	14,41
Summe .	68,57	74,870	61,27	61,05
Volumen-Zunahme . .	1,997	2,243	1,77	1,77

[1]) Lava von einem der kleinen Ströme des *Vesuv* vom Anfang des Jahres 1834, nach Abich, Geolog. Beobacht. S. 125 ff.

[2]) Lava aus dem Krater des *Vesuv*. Dufrénoy Annal. d. mines T. XIII. p. 565

[3]) Lava vom *Aetna*, vom Strome, welcher 1669 einen grofsen Theil von *Catanea* zerstörte, nach Löwe. Poggendorff's Ann. Bd. XXXVIII. S. 159.

[4]) Lava am *Hrafntinnuhryggr* bei der *Krafla*, wie es scheint, von

Thonschiefer.

	I.[1])	II.[2])	III.[3])
Kieselsäure	64,58	72,51	47,08
Thonerde	17,10	12,89	36,01
Eisenoxydul	—	—	4,96
Eisenoxyd	7,43	4,15	—
Kalkerde	0,16	0,60	Spur
Magnesia	2,29	0,93	0,69
Kali	2,93	4,02	6,27
Natron	—	—	0,37
Kupferoxyd	0,30	—	—
Kohlensaurer Kalk . . .	0,53	—	—
Wasser	4,08	4,44	5,43
Kohle und Verlust . . .	0,60		
Summe .	100,100	99,54	100,81
Spec. Gew.	2,74	—	—
Volumen	36,50	36,31	36,79

Zersetzungsproducte.

	I.	II.	III.
Quarz	19,10	25,23	—
Kaolin	21,72	16,37	45,73
Eisenoxydulcarbonat . .	2,88	1,61	2,13
Magnesiacarbonat . . .	1,60	0,65	0,48
Kalkcarbonat	0,31	0,40	—
Kalicarbonat	1,90	2,61	4,08
Natroncarbonat	—	—	1,20
Summe .	47,51	46,87	53,62
Volumen-Zunahme . . .	1,3	1,291	1,458

sehr jungem Alter. Sie ist schwarzgrau, homogen, steinig mit vielen kleinen, unregelmäfsig geformten Höhlungen. Bunsen, Poggendorff's Ann. Bd. LXXXIII. S. 197 ff.

[1]) Thonschiefer, graulich-schwarz von *Lehesten* in *Thüringen*, nach Frick, Poggendorff's Ann. Bd. XXV, S. 188.

[2]) Thonschiefer aus der Grube *Morgenröthe* bei *Siegen* nach Schnabel (nach gefälliger Mittheilung).

[3]) Thonschiefer aus der Grube *Pferd* bei *Siegen*. Sie haben das Aussehen der Dachschiefer; nur sind sie nicht so dünnschieferig; nach Bischof.

In III stimmt die berechnete Kieselsäure des Kaolin mit der durch die Analyse gefundenen bis auf 0,45 überein. Bei Zersetzung dieses Thonschiefers durch Kohlensäure würde demnach gar kein Quarz ausgeschieden werden.

Der bedeutende Glühverlust in diesen Thonschiefern zeigt, dafs sie schon in Zersetzung begriffen waren; denn Kaolin und kohlen-

Kohlensäure-Exhalationen sind allgemein verbreitete grofsartige Erscheinungen. Sie kommen aus grofsen Tiefen; denn je tiefer man Bohrlöcher niederstöfst, desto mehr nehmen diese Exhaltationen zu, und selbst erbohrt man dieselben an Stellen, wo man auf der Erdoberfläche nur Spuren oder auch gar keine findet.

Dringen diese Exhalationen bei ihrem Aufsteigen durch Silicatgesteine, so zersetzen sie dieselben und diese Zersetzung wird durch die Temperaturzunahme nach dem Innern der Erde befördert, das Volumen der Gesteine nimmt zu, und alle auf denselben liegenden Formationen werden gehoben; denn mag der Druck derselben noch so grofs sein: die Zersetzung kann er nicht hindern.

Zur Hebung eines Gebirges von 1 Meile Höhe, gleich der der höchsten Gebirge der Erde würde ein Gestein von 1 Meile Mächtigkeit und von der Zusammensetzung des Basalt Nro. I genügt haben, wenn es die Unterlage des gehobenen Gebirges gewesen, und durch Kohlensäure vollständig zersetzt worden wäre.

Welche Gesteine in grofsen unzugänglichen Tiefen vorhanden sind, das zeigen die aus Kratern ausfliefsenden Laven: sie sind Silicatgesteine, und gerade diejenigen, deren Volumenzunahme durch Zersetzung am bedeutendsten ist. Die Annahme, dafs bis zu denjenigen Tiefen, wo der Heerd der Vulkane zu suchen ist, die Silicatgesteine reichen, hat gewifs den höchsten Grad von Wahrscheinlichkeit. Die ältesten unter den bekannten Formationen, der sogenannte Urthonschiefer, Gneifs u. s. w., sind ja gleichfalls Silicatgesteine.

---

saures Natron sind die einzigen Zersetzungsproducte, welche wasserhaltig sind, wenn die Zersetzung bei Abschlufs der atmosphärischen Luft von Statten geht. Bei den Zersetzungen der Gesteine über der Meeresfläche wird das kohlensaure Natron durch die Gewässer fortgeführt; dagegen entstehen neue wasserhaltige Zersetzungsproducte beim Zutritte des atmosphärischen Sauerstoffs: nämlich Eisenoxyd- und Manganoxydhydrat. Die Gegenwart von chemisch gebundenem Wasser in zersetzten Silicatgesteinen ist daher ein sicheres Zeichen, dafs diese beiden Hydrate und Thonerdesilicathydrat entstanden sind.

Die Volumen-Zunahme der oben angeführten Mineralien fällt zwischen 1,32 und 2,1 und die der Gebirgsgesteine zwischen 1,291 und 2,243.

Welche andere Gesteine als solche wären wohl zu denken, die das Liegende jener Silicatgesteine sein könnten? — Doch gewifs nicht Kalk, Sand oder ähnliche Gesteine, welche eine sedimentäre Periode voraussetzen. Werfen wir endlich einen Blick auf die mächtigste der sedimentären Formationen, auf das organische Ueberreste führende Thonschiefergebirge: so kommen wir zu dem unumstöfslichen Schlusse, dafs das Material zur Bildung dieses sedimentären Gesteins kein anderes als ein mindestens ebenso mächtiges Silicatgestein gewesen sein kann. Bis zu so frühen Bildungs- und Umwandlungs-Perioden unseres Planeten verfolgen wir die Existenz der Silicatgesteine.

An Material zu säcularen Hebungen durch chemische Action in früherer wie in jetziger Zeit war und ist daher kein Mangel, und wird so lange keiner sein, als noch Silicatgesteine und Kohlensäure-Exhalationen existiren werden.

Die chemische Verwandtschaft ist zu vergleichen mit der Ausdehnung der Körper durch Wärme. Den Wirkungen beider Kräfte kann keine andere Kraft widerstehen. Beide Kräfte kommen aber häufig mit einander in Conflict und leisten sich gegenseitig Widerstand. Am häufigsten werden jedoch die Wirkungen der Wärme durch die chemische Verwandtschaft überwunden. Die grofse Verwandtschaft der unedlen Metalle zum Sauerstoff verhindert, dafs dieser absolut flüchtige Stoff (wie man ihn nennen kann, da er für sich nur im gasförmigen Zustande existirt), nicht aus seinen Verbindungen mit diesen Metallen geschieden werden kann. Ebenso ist es die Verwandtschaft, welche der Zersetzung der kohlensauren Alkalien durch Hitze Widerstand leistet, während die schwächsten Säuren die Kohlensäure aus diesen Carbonaten scheiden. Wie mufs die Expansivkraft des an Eisen gebundenen Sauerstoffs steigen, wenn das Eisenoxydul bis zum Schmelzen erhitzt wird.

Nur in seltenen Fällen vermag die Hitze die chemische Verwandtschaft zu überwinden. Der kohlensaure Kalk und die meisten Carbonate verlieren ihre Kohlensäure, ohne dafs die höchsten Hitzgrade anzuwenden sind, während die eben genannten alkalischen Carbonate das entgegengesetzte Verhalten zeigen. Die Mehrzahl der Hydrate wird

durch Wärme zersetzt, die Minderzahl, namentlich die alkalischen Hydrate, widerstehen dieser Zersetzung.

Die Kraft der Wärme, die Körper auszudehnen, zu verflüchtigen entweder als solche, oder auszutreiben aus feuerbeständigen Verbindungen und die chemische Verwandtschaft gehören demnach zu den gröfsten Kräften, welche wir kennen.

Unmöglich kann gedacht werden, dafs durch einen noch so grofsen Druck, welchen das Gewicht einer meilenhohen Gebirgsmasse ausübt, die Wirkung der chemischen Verwandtschaft aufgehoben werden könne. Kommt Kohlensäure und Wasser in Berührung mit Gesteinen, so mufs die Zersetzung beginnen, und, wenn auch noch so langsam, so lange fortschreiten, als noch etwas zu zersetzen ist. Findet aber Zersetzung statt: so ist Volumen-Zunahme, mithin Hebung eine nothwendige Folge davon. Gleichgültig ist es, ob die Kohlensäure im comprimirten oder im nichtcomprimirten Zustande wirkt. Die comprimirte Kohlensäure beschleunigt blos die Zersetzung, denn sie findet auch auf der Erdoberfläche unter dem einfachen Luftdrucke statt.

Die durch die Volumenzunahme der in Zersetzung begriffenen Gesteine hervorgerufene Kraft kann begreiflicher Weise nur nach oben, mithin nur hebend wirken. Sind diese Gesteine seitwärts begrenzt, von andern der Zersetzung nicht unterworfenen, welche plastisch sind wie Thon: so kann diese Kraft auch seitwärts wirken, aber selbstredend nur in sehr beschränktem Grade. Vielleicht dafs die Faltungen und Stauchungen mächtiger Schichtensysteme die Wirkungen dieser Kraft sind.

Mit der Zersetzung eines Gesteins ist der Verlust des Zusammenhangs verknüpft: ein mehr oder weniger plastischer Thon entsteht. Wenn ein solches Gestein in ein noch in Zersetzung begriffenes übergeht: so ist die dadurch hervorgerufene Kraft als Ursache einer Faltung des ersteren zu denken.

Wollte man sich die Exhalationen als Hebungsmittel denken, welche durch ihre Expansivkraft wirkten: so würde man auf dieselben Schwierigkeiten stofsen, wie bei der oben besprochenen Hebung grofser Landstriche durch Was-

serdämpfe[1]). Einer solchen Annahme widerspricht schon der Umstand, dafs die Kohlensäure-Exhalationen auf der Erdoberfläche meist gar keine oder doch nur eine geringe Pressung zeigen (Kap. XIII). Wären die Kanäle, in denen diese Exhalationen aufsteigen, die Ausläufer eines mit hoch comprimirter Kohlensäure erfüllten Heerdes: so würde dieses Gas an Stellen, wo es sich in ungeheuren Quantitäten entwickelt, das Sperrungswasser gleich Fontainen hoch emporschleudern. Dafs indefs solche Fontainen auf künstlichem Wege entstehen können, wenn mit Kohlensäure gesättigte Säuerlinge aus tiefen Bohrlöchern aufsteigen, dies kommt Kap. XIII zur Sprache.

Wo keine Kohlensäure-Exhalationen und keine durch sie zersetzbaren Gesteine sind, da können keine Hebungen durch chemische Action stattfinden. Kalksteine, Dolomite, Sandsteine, Kieselschiefer, Thonlager u. s. w. gehören zu diesen Gesteinen. Wo solche Gebirgsgesteine neben andern durch Kohlensäure zersetzbaren sich befinden, da werden die auf diesen gelagerten Formationen gehoben, nicht aber diejenigen, welche auf jenen Gebirgsgesteinen liegen. Solche Verhältnisse, dafs ein gewisser Landstrich in säculärer Hebung begriffen ist, während angränzende Landstriche ihre ursprüngliche Lage nicht verändern, finden auch dann statt, wenn durch Kohlensäure zersetzbare Gesteine den Exhalationen derselben an gewissen Stellen ausgesetzt sind, an andern nicht.

Das Gebiet der mächtigen Kohlensäure - Exhalationen in den Umgebungen des *Laacher See* ist scharf begrenzt. Ebenso verhält sich's mit den Kohlensäure-Exhalationen in der *Eifel*. Alle diese Exhalationen kommen aus der Thonschiefer - Formation. Dafs das Gestein bis zu einer gewissen Tiefe durch die Kohlensäure zersetzt wird, zeigen die zahllosen Säuerlinge in diesen Gebieten und ihre bedeutenden Absätze von Kalkcarbonat und Eisenoxydhydrat. Bedeutungsvoll ist es, dafs

[1]) In frühern geologischen Werken von Forschern, die als Autoritäten galten, ist oft wiederholt die Rede von hochgespannten Gasen im Innern unserer Erde. Es waren kühne, wissenschaftlich nicht geprüfte Gedanken.

an einer ziemlich ausgedehnten Stelle auf dem *Wehrer* Bruch (Kap. XIII.), wo die Exhalationen im kolossalen Maafsstabe auftreten, unter einem Eisenocher-Lager ein bedeutendes Lager von Eisenoxydulcarbonat vorkommt. Hier finden wir e i n Zersetzungsproduct der Silicatgesteine ganz nahe an der Erdoberfläche. Gegen die Oxydation durch den atmosphärischen Sauerstoff ist es durch jenes Lager geschützt. Daher können wir mit aller Evidenz schliefsen, dafs Eisenoxydulcarbonat in Tiefen unterhalb der Grenzen der aufsteigenden Quellen und gewifs in bei weitem gröfseren Massen als jenes Lager in der Nähe der Erdoberfläche gebildet werden mufs.

Die Temperatur der wärmsten unter den Säuerlingen in jenen Gebieten ist 12° R. Nach approximativer Calculation kommt diese Quelle aus einer Tiefe von 460 Fufs; diese Tiefe ist als jene Grenze anzunehmen. Die Zersetzungsproducte unterhalb derselben kommen demnach nicht mehr zu Tage, sondern bleiben im Gesteine.

Die Mächtigkeit des rheinischen Schiefergebirges schätzt man auf mehr als eine geographische Meile. Da auch der Thonschiefer durch gänzliche Zersetzung mittelst Kohlensäure an Volumen zunimmt (1,3 bis 1,5), so brauchen wir uns nicht nach Gesteinen unter demselben umzusehen, durch deren Zersetzung eine Hebung dieses Gebirges da gedacht werden könnte, wo mächtige Kohlensäure-Exhalationen vorkommen. Kann man aber eine wirkliche säculare Hebung an solchen Stellen, also z. B. im Gebiete der Kohlensäure-Exhalationen in den Umgebungen des *Laacher See* bezweifeln? Der directe Beweis, wie bei der Hebung von *Skandinavien*, würde freilich erst etwa nach einem Jahrhundert zu führen sein, wenn die dermalige Höhe fixer Punkte in diesem Gebiete über fixen Punkten aufserhalb desselben bestimmt, und die Resultate unsern Nachkommen überliefert werden würden.

Schreitet die Zersetzung der Gesteine an einer Stelle mehr, an einer andern weniger fort, sei es, dafs die in Zersetzung begriffenen Gesteine an verschiedenen Stellen eine ungleiche Mächtigkeit oder Zersetzbarkeit besitzen, oder dafs das Zersetzungsmittel in ungleichen Massen wirkt: so wird auch die Hebung an verschiedenen Stellen ungleich

erfolgen. Hieraus erklärt sich die Aufrichtung der Schichten bei Hebungen des Landes.

Skandinavien zeigt ein Beispiel einer jetzt noch fortschreitenden ungleichförmigen Hebung[1]). Nach Eichwald[2]) setzt sich diese Hebung unter der *Ostsee* bis zur Küste der *russischen Ostsee*-Provinzen fort. Befinden sich unter diesem Lande und unter dem Meeresboden der *Ostsee* Formationen, welche in Zersetzung begriffen sind: so ist diese Hebung begreiflich. In *Skandinavien* kommen keine Kohlensäure-Exhalationen vor. Man könnte deſshalb eine Hebung durch chemische Action bezweifeln. Man kann aber auch annehmen, daſs sie zu Zersetzungsprocessen in der Tiefe verbraucht werden und daher auf der Erdoberfläche nicht erscheinen. Ueberdies würden sie im Bereiche der *Ostsee* unter dem Drucke einer Wassersäule von 300 Fuſs nicht sichtbar werden.

Die mittlere Tiefe der *Ostsee* ist nämlich 300 Fuſs[3]), demnach würde sich der Meeresgrund in dieser Tiefe in 7500 Jahren über den Meeresspiegel erheben, sofern die Hebung von *Skandinavien* nach dem dermaligen Verhältniſs fortschreitet. Dieser Zeitraum würde noch nicht dem doppelten des biblischen Alters des Menschengeschlechts gleichkommen.

Da sich indeſs eine groſse Zahl von Flüssen in die *Ostsee* ergieſst, alle Flüsse der Länder von *Kiel* bis *St. Petersburg*, von *Finnland*, bei weitem die meisten *Schwedens*, so ersieht man, welche unschätzbaren Quantitäten von schwebenden und aufgelösten Theilen diesem Binnenmeer zugeführt werden. Ein Blick auf die Karte zeigt, daſs das Areal dieses Meeres (7000 Q.-M.) nur ein kleiner Bruchtheil von dem des Erosionsgebietes jener Flüsse ist, und daſs daher der Absatz jener Theile auf dem Meeresgrunde in nicht sehr langen Zeiten eine meſsbare Gröſse werden muſs. Sollte dieser Absatz eben so viel betragen als die Hebung: so

---

[1]) Meine »Wärmelehre des Innern unseres Erdkörpers« S. 299 ff.

[2]) Bulletin de la soc. imper. des natural. de *Moscou* T. XXVII, p. 51.

[3]) Carl Ritter, Vorlesungen an der Universität zu *Berlin*, herausgegeben von H. A. Daniel. 1863, S. 81. Die gröſste Tiefe dieses Meeres beträgt bei *Bornholm* 480 Fuſs.

würde jener Zeitraum von 7500 Jahren auf die Hälfte herabsinken, mithin noch viel kleiner werden, als das biblische Alter des Menschengeschlechts.

Nehmen wir dieses an, so würden, wenn der Meeresboden einst bis zum Meeresspiegel gestiegen wäre, die Küsten und Inseln, welche jetzt nahe im Niveau des Meeres liegen, 150 Fufs über die Sedimente hervorragen. Die Zahl der kleinen Inseln von *Bornholm* an längs der Küste *Schwedens* und *Finnlands* bis *St. Petersburg*, eine Strecke von ungefähr 400 Meilen, beträgt mindestens 600. Was sind Inseln überhaupt? Nichts anderes als submarine Berge, welche mehr oder weniger über den Meeresspiegel hervorragen. Diese Inseln werden einst durch die Sedimente eingeschlossen und sind unstreitig an ihrem Fufse schon mehr oder weniger davon eingeschlossen. Ebenso werden die vielen Meerbusen an der bezeichneten Meeresküste mit Sedimenten ausgefüllt.

Wenn einst das Wasser der *Ostsee* durch die gehobenen Sedimente verdrängt worden, und in die *Nordsee* geflossen sein wird: so werden sich geognostische Verhältnisse herausstellen, wie wir sie so häufig finden, nämlich das Hervorragen von Bergen krystallinischer Gesteine über ein sedimentäres Gebirge.

Es ist klar, dafs die ältesten wie die jüngsten sedimentären Meeresbildungen submarine, aus krystallinischen Gesteinen bestehende Berge eingehüllt haben werden, dafs also diese Berge über die ganze Reihe der Meeresversteinerungen führenden Formationen hervorragen können.

Nehmen wir beispielsweise an, dafs aus den seit langen geologischen Perioden auf dem ursprünglichen Boden der *Ostsee* abgelagerten Sedimenten Thonschiefer entstanden sei, und dafs später zugeführte Sedimente das Material zur Entstehung von tertiären Formationen geliefert habe, oder dafs dieses Material noch jetzt und bis zum Verschwinden der *Ostsee* zugeführt werden wird: so wird ein von diesen Sedimenten eingehüllter submariner Berg noch über die tertiären Gebilde hervorragen. Sind dagegen in der *Ostsee* submarine Berge vorhanden, welche nicht als Inseln über den Spiegel desselben hervorragen, und werden sie früher von Sedimenten eingehüllt, als sie durch

Hebung über diesen Spiegel kommen: so kann ihre Existenz nicht wahrgenommen werden. Niemand wird aber diese Existenz bezweifeln; denn dem horizontalen Meeresspiegel entspricht nicht ein horizontaler Meeresboden. Die Peilungen in der *Ostsee* haben eine Differenz von 180 Fufs zwischen der gröfsten und mittleren Tiefe nachgewiesen. Da die gröfste Tiefe = 480 Fufs bei der Insel *Bornholm* gefunden wurde: so sieht man, dafs zwischen nahe liegenden Stellen bedeutende Tiefenunterschiede stattfinden können; denn in einer frühern Zeit, wo diese Insel noch nicht über den Meeresspiegel gehoben war, war ihre ganze jetzige Oberfläche Meeresboden. Der damalige Abstand der tiefsten Punkte des Meeres von denjenigen Stellen der Insel, welche dermalen im Niveau desselben liegen, mufste bei weitem mehr als 480 Fufs betragen haben; denn seit jener gewifs sehr langen geologischen Periode hat sich der Meeresboden, unabhängig von der Hebung, durch die abgesetzten Sedimente erhöht.

Wenn, um an das obige Beispiel anzuknüpfen, diejenigen Sedimente, aus denen Thonschiefer entstanden ist, den ganzen submarinen Berg eingehüllt haben, die submarinen Bildungen aber noch nicht durch Hebung über den Meeresspiegel gekommen sind, und wenn sich darauf Sedimente abgesetzt haben, welche das Material zu jüngern Formationen lieferten: so werden sich geognostische Verhältnisse ergeben haben, wie sie sich wirklich finden, dafs nämlich, um in der Sprache der Eruptions-Hypothese zu reden, manche krystallinische Gesteine nur gewisse ältere nicht aber jüngere sedimentäre Formationen durchbrochen haben.

Die geringe mittlere Tiefe der *Ostsee* ist auffallend, wenn man sie mit den bei weitem gröfseren Tiefen anderer Binnenmeere und selbst der *Alpenseen* vergleicht. Man kann sich des Gedankens nicht erwehren, dafs diese geringe Tiefe eine Folge der säcularen Hebung *Skandinaviens* mit dem Meeresboden und der Anhäufung der der *Ostsee* durch die vielen Ströme zugeführten Sedimente sei.

Versetzen wir uns in diese fernen Zeiten, wo das Wasser der *Ostsee* durch Hebung und durch Absätze in die *Nordsee* gedrängt, und das ganze Becken mit Detritus

erfüllt worden sein wird, so stellt sich uns dieses Ereigniſs nur als eine Wiederholung früherer, vorhistorischer Ereignisse dar. Das ganze *Rheinthal* von *Königswinter* bis zur *Nordsee* ist z. B. nichts Anderes als eine Ausfüllung eines ehemaligen Meerbusens mit Detritus.

Wahrscheinlich werden dann zwei Hauptströme, welche die sämmtlichen jetzt in die *Ostsee* flieſsenden Gewässer aufnehmen, entstehen. Der eine wird seinen Lauf von *St. Petersburg* durch das trocken gelegte Gebiet des *finnischen* Meerbusens und des *baltischen* Meeres nehmen und sich durch den *Sund* oder das *Kattegat* in die *Nordsee* ergieſsen. Er wird eine Verlängerung der *Newa* werden. Der andere Hauptstrom wird von *Tornea* durch den gleichfalls trocken gelegten *bothnischen* Meerbusen seinen Lauf nehmen und wahrscheinlich mit jenem vereinigt in die *Nordsee* gelangen. Er wird eine Verlängerung des *Torneaflusses*, der zwischen *Schweden* und *Norwegen* entspringt, werden.

Das ganze gehobene Land wird eingeschlossen werden durch die krystallinischen Formationen von *Schweden* und *Finnland*, durch die silurischen Schichten von *Esthland*, und die devonischen von *Lievland* und *Kurland*. Im südlichen *Schweden* und in *Dänemark* werden jüngere Formationen (Kreide), wie an der Küste von *Rügen*, am Rande hervortreten und das Ganze sich als eine Vergröſserung mit den *baltischen* Tiefländern von *Preuſsen*, *Polen* und *Ruſsland* verbinden.

Nicht zu übersehen ist, daſs im südlichen *Schweden*, wo die Silicatgesteine fehlen, keine Hebung sich zeigt. Sollte dies damit in Beziehung stehen, daſs Kalksteine (Kreide) nicht zersetzbar sind durch Kohlensäure?

Die Dislocation der Schichten und die Verwerfung der Gänge können nur als Folgen ungleichförmiger Hebungen gedacht werden.

Wenn ein Gang die Grenze zweier Gebirgsglieder, wovon das eine aus zersetzbaren, das andere aus nicht zersetzbaren Gesteinen besteht, in der Tiefe bildet, so ist zu begreifen, wie das Nebengestein an einer Gangseite, wenn unter demselben durch Kohlensäure zersetzbare Gesteine sich befinden, gehoben, an der andern Gangseite, wo diese Gesteine fehlen, in seiner ursprünglichen Lage verbleiben wird.

Eine solche partielle Hebung kann sogar die Ursache der Spaltenbildung sein.

Die Zersetzung der Gesteine durch Kohlensäure geht, wie alle geologischen Processe, sehr langsam von Statten; die Hebung der Schichten auf der einen Gangseite kann daher ohne gewaltsame Zerreifsung des Nebengesteins oder der Gangmasse erfolgen, nach und nach aber bis zu grofsen Höhen reichen. Die gröfste Hebung von *Skandinavien* beträgt jährlich noch nicht ½ Zoll. Eine Dislocation, wo correspondirende Schichten auf beiden Gangseiten 1000 und noch mehr Fufs von einander abstehen, gehören nicht zu den Seltenheiten; nach dem Betrage der Hebung von *Skandinavien* würde zu einer solchen Dislocation ein Zeitraum von 25000 Jahren erforderlich gewesen sein. So langsame Hebungen stehen im Einklange mit den ebenfalls langsam fortschreitenden Zersetzungsprocessen.

Der Uebergang sedimentärer Silicatgesteine in krystallinische ist eine Thatsache. Die amorphen wasserhaltigen Silicate wandeln sich in krystallinische wasserfreie (Feldspath, Glimmer u. s. w.) um. Denken wir uns diese Umwandlung in Tiefen, in welche durch Gewässer keine aufgelösten Substanzen, die an der Metamorphose Theil nehmen könnten, geführt werden, so findet eine Abnahme des Volumen, mithin eine Senkung statt. Wir abstrahiren davon, dafs Modificationen eintreten, je nachdem in geringeren Tiefen Substanzen zu- und fortgeführt werden, und bleiben bei jenem einfachsten Falle stehen.

Diese Senkung geht begreiflicher Weise ebenso langsam von Statten, als die Hebung, und dafs Senkungen wirklich stattfinden, zeigt beispielsweise die Senkung der westlichen Küste von *Grönland* vom 62. bis ungefähr 69° nördl. Br., welche Pingel aus einer grofsen Reihe von Thatsachen nachgewiesen hat.

Dislocation der Schichten und Verwerfung der Gänge können, wie leicht einzusehen, ebenso gut das Resultat von Senkungen als von Hebungen sein.

Die Basalte zeigen sehr bedeutende Volumenzunahmen. Reichen sie bis zu grofsen Tiefen nach Annahme der Plutonisten, welche sie zu den Eruptivsteinen zählen, und sind ihre tiefsten Stellen den Wirkungen der Kohlensäure-

Exhalationen und des Wassers ausgesetzt: so sind sie einer säcularen Hebung unterworfen. Erfolgt diese so langsam, wie die der *skandinavischen* Halbinsel: so kann gedacht werden, dafs die Schichten der sedimentären Gesteine, von denen sie eingeschlossen werden, nur kaum merkbare Störungen erleiden, wie dies im *rheinischen* Schiefergebirge wirklich der Fall ist.

Was vom Basalt, das gilt auch von der Lava, deren eruptive Entstehung unzweifelhaft ist. Die Augitlava ist auch in ihrer Zusammensetzung der des Basalt sehr ähnlich. Lava, welche im Krater eines Vulkan erstarrt, und von Kohlensäure-Exhalationen und Wasser getroffen wird, ist denselben Zersetzungsprocessen mit ebenso bedeutender Volumen-Zunahme ausgesetzt, wie Basalt. Die Mofetten, welche sich nach heftigen Eruptionen des *Vesuv* einstellen, zeigen, dafs es an diesem Zersetzungsmittel nicht fehlt. Ob diese Kohlensäure-Exhalationen nach ihrem Verschwinden auf der Oberfläche noch in der Tiefe fortdauern und als Zersetzungsmittel der Lava wirken, weifs man nicht.

In Tiefen, aus denen die Laven aufsteigen, sind feuerflüssige Massen vorhanden. Dort herrschen Temperaturen, in denen die Producte der Zersetzung der Silicatgesteine durch Kohlensäure, Quarz, Kaolin und Carbonate, unter Ausscheidung von Kohlensäure und Wasser, wieder werden was sie waren. Das Volumen nimmt in demselben Verhältnisse ab, in welchem es durch die Zersetzung zugenommen hatte. Der Kreislauf ist vollendet. Die Möglichkeit besprechen zu wollen, wie Orts- und Temperatur-Veränderungen in diesen Tiefen gedacht werden können, geht über den Horizont unseres Wissens weit hinaus.

B. Erosion durch die Flüsse und Bäche.

Wenn die Oberfläche eines über das Meer gehobenen Landes nur geringe Unebenheiten besitzt: so beginnt in den Vertiefungen, wohin sich die Meteorwasser ziehen, die Erosion.

Besteht das Gestein dieses Landes aus Kalk oder Dolomit: so tritt alsbald die chemische Erosion ein: die atmosphärische Kohlensäure in den Meteorwassern löst diese Carbonate nach und nach auf, das Wasser führt sie in das Meer zurück. Wo diese Carbonate fehlen, da kann die

chemische Erosion erst eintreten, wenn durch Zersetzung der Silicate des Gesteins sie und andere lösliche Substanzen entstehen.

Ist das gehobene Land mit Meeressand bedeckt, der durch den eingetretenen Wasserlauf in Bewegung gesetzt wird: so beginnt die mechanische Erosion. Fehlt der Sand, so kann diese Erosion erst beginnen, wenn durch Zersetzung des Gesteins Sand und Detritus [1]) überhaupt entstanden ist; denn das Wasser allein kann nicht erodiren.

Die erodirenden Wirkungen der Flüsse auf die Gesteine sind je nach ihrer Beschaffenheit sehr verschieden. Quarzgesteine werden nicht so schwierig erodirt als man vermuthen sollte. Die abgerundeten Quarze und die von den Flüssen in so grofser Menge fortgeführten Sandmassen zeigen dies. Die Quarze im Detritus der im Thonschiefer fliefsenden Gewässer rühren von den häufigen Quarzgängen in demselben her. Der zuerst abgenagte Thonschiefer entblöfst den Quarz, wie dies so häufig Rollsteine zeigen, in denen Quarzadern aus dem Thonschiefer hervorragen. Sind die Quarzgänge ganz dünne Adern: so werden sie leicht durch die über sie rollenden Gesteine abgestofsen und abgerieben und zerfallen sogleich in Sand. Solche Adern sieht man häufig im Bette der auf Thonschiefer fliefsenden Bäche; sie ragen nur dann hervor, wenn es mächtigere Quarzgänge sind. Das Zerfallen der Quarze wird sehr befördert, wenn sie viel Eisenoxydulsilicat enthalten.

Durch höhere Oxydation des Oxydul werden sie zersetzt, Eisenoxydhydrat sondert sich ab und der Quarz wird so mürbe, dafs er zwischen den Fingern zerbröckelt werden kann. Dies wahrzunehmen hat man häufig Gelegenheit.

Die Thonschiefergeschiebe werden nicht abgerundet, sondern schiefern sich und zerfallen in so kleine Theil-

[1]) Im weitesten Sinne des Wortes verstehen wir unter Detritus die Ueberreste der durch mechanische und chemische Mittel zerstörten Gebirgsgesteine, im engern Sinne blos diejenigen Ueberreste, welche die Bäche und Flüsse fortführen und absetzen, mögen sie wie die schwebenden Theile vom Wasser getragen oder wie die Geschiebe, Rollsteine und Sand von demselben blos auf dem Bette fortgeschoben werden.

Detritus-Bett nennen wir demnach ein Flufsbett, wo anstehendes Gestein weder aus dem Flufs hervorragt, noch an seinem Boden oder an seinen Ufern vorkommt.

chen, dafs sie vom Wasser getragen werden. Die Grauwackengeschiebe werden dagegen abgerundet, und um so mehr, je quarzreicher sie sind.

Die Geschiebe dichter und krystallinischer Kalksteine und der Dolomite finden sich ebenso abgerundet wie Quarz und Grauwacke. Schieferige Kalksteine verhalten sich, wie die Schiefer überhaupt.

Am meisten zerstörbar sind die Geschiebe der Sandsteine, deren Bindemittel Kalk oder Thon ist. Ersterer wird von der freien Kohlensäure im Flufswasser aufgelöst, letzterer von diesem herausgespült. Da diese Bindemittel meist in sehr geringer Menge vorhanden sind: so zerfallen solche Gesteine in kurzen Zeiten und hinterlassen Quarzsand. Daher führen Flüsse, welche Sandstein-Gebirge durchschneiden, bedeutende Massen Sand mit sich und setzen sie da, wo ihr Gefälle sich bedeutend vermindert, ab. Sandsteine, welche, wie die in der Braunkohlenformation, kieseliges Bindemittel haben, sind dieser Zerstörung nicht unterworfen: sie verhalten sich wie Quarze.

Die Geschiebe der krystallinischen Gesteine verhalten sich im Allgemeinen wie sedimentäre. Die massigen, Granit, Porphyr, Basalt u. s. w. werden wie Quarz abgerundet; die schieferigen, Gneifs, Glimmerschiefer u. s. w. werden ebenso, wie die Schiefer überhaupt zerstört.

Die Gemengtheile der krystallinischen Gesteine sind in sehr verschiedenem Grade der chemischen Zersetzung unterworfen. Der Feldspath im Granit, Gneifs u. s. w. erliegt der Zersetzung durch die Kohlensäure der Flufswasser, der Glimmer widersteht ihr in hohem, der Quarz im höchsten Grade. Der Zusammenhang der Gemengtheile wird beim Uebergange des Feldspaths in Thon gelockert und dieser mit dem Glimmer und Quarz, wenn dieser feinkörnig ist, durch die Gewässer fortgespült. Daher finden sich so häufig in Sandlagern, wie z. B. in den tertiären Formationen, die kleinsten Glimmerblättchen, weniger häufig in den Thonlagern.

Bei den meist homogenen basaltischen Gesteinen wird die mechanische Zertheilung durch die chemische Zersetzung in hohem Grade unterstützt. Die so leicht zersetzbaren Kalk- und Eisenoxydulsilicate, meist die vorwalten-

den Bestandtheile dieser Gesteine, erliegen der Zersetzung durch die Kohlensäure und den Sauerstoff: sie zerfallen in lockere Erde, die leicht von den Gewässern fortgespült wird.

Die Abrundung der auf dem Flufsbette befindlichen Steine erfolgt theils durch gegenseitiges Abreiben, indem die kleinern schneller als die gröfsern durch die Strömung fortgeschoben werden, theils durch die Reibung der Steine auf dem felsigen Flufsbette, wodurch dieses erodirt wird. Selbst die schwebenden Theile, welche mit der ganzen Geschwindigkeit des Flusses fortgeführt werden, wirken noch als ein Polirmittel.

Je gröfser das Gefälle eines Flusses, desto gröfser ist, unter übrigens gleichen Umständen, seine Geschwindigkeit, und der Effect der Abrundung der Steine und der Erosion. Daher verursachen die Gebirgsbäche, selbst, wenn sie noch so unbedeutend sind, diese Wirkung in höherm Grade, als grofse Flüsse, welche ein geringes Gefälle haben. Die grofsen Ströme nehmen an dieser Erosion nur geringen und nur soweit Antheil, als sie Gebirge durchschnitten haben. Durch sie wird aber der ihnen von den Bächen zugeführte Detritus fortgeführt und durch seinen Absatz ihr Lauf verlängert.

Wasserfälle wirken in dem Grade erodirend auf das Bett an ihrem Absturze, dafs ein bedeutendes Zurückziehen derselben in historischen Zeiten, wie beim *Niagarafall*, nachgewiesen ist.

Nach den sorgfältigsten Untersuchungen, die Ch. Lyell [1]) während seiner Anwesenheit an den Wasserfällen gemacht hat, berechnete er, dafs der *Niagarafall* durchschnittlich jedes Jahr einen Fufs zurückgeht. In diesem Falle würden 35000 Jahre für die Entfernung von dem Absturz von *Queenstown* bis zu der gegenwärtigen Lage erforderlich gewesen sein. Es ist nicht unwahrscheinlich, dafs ein solches Resultat keine Uebertreibung der Wahrheit ist, wenn wir auch nicht annehmen können, dafs die rückwärtsschreitende Bewegung eine gleichmäfsige ist.

Auch am *Niagarafall* liegen auf Schieferschichten

---

[1]) Principles of Geology. Seventh Ed. p. 202 ff.

Kalksteinlager. Das Strömen der Wasser bewirkt heftige Windstöfse, die mit Wasser beladen sind, und gegen den Schiefer getrieben werden. Die fortgesetzte Wirkung dieser mit Wasser beladenen Winde verrückt den Schiefer und stürzt in ihn den Abgrund hinab. Durch die Entfernung dieses Schiefer verliert der darauf lagernde Kalkstein seine Unterstützung und stürzt ebenfalls nach.

Der Transport der Geschiebe durch die Flüsse, und selbst durch die Alpenflüsse, geschieht, ungeachtet der grofsen Schnelligkeit und Kraft der letztern, nur ziemlich langsam. Es bedarf eines oft wiederholten Anstofses und einer langen Zeit, bis die Gesteinsmassen allmälig viele Meilen weit fortgeführt werden. Aufserordentliche Wasserfluthen wie die bekannte im *Banienthal* in *Unter-Wallis,* am 16. Juni 1818, bringen aufserordentliche Wirkungen hervor. Unterhalb der engen Schlucht von *Lortier* soll die ungeheure Wassermasse einen Berg von Trümmern von der kaum glaublichen Höhe von mehr als 300 Fufs vor sich hergeschoben haben, Granitblöcke von nahe 1000 Cub. Fufs Inhalt sind selbst noch bei *Martinach* 1800 Fufs weit vom Wasser fortgeschoben worden. Da die mittlere Geschwindigkeit dieser Wasserfluth in einer Secunde 33 Fufs betrug, während die der schnell fliefsenden Alpenströme nur höchst selten 13 Fufs übersteigt, da ihre Wassermenge 5mal so grofs war, als die, welche im *Rhein* bei *Basel,* wenn er hoch ist, in gleicher Zeit abfliefst[1]): so kann der Transport der Geschiebe durch jenes ausserordentliche Ereignifs nicht zum Maafsstabe für das dienen, was die Alpenströme in ihrem normalen Zustande zu leisten vermögen.

Aber selbst die Wirkungen der Fluth im *Banienthal* reichen nicht hin zur Annahme, dafs die erratischen Blöcke, welche sich auf den, den Alpenthälern entgegen stehenden Bergen, wie z. B. auf dem *Jura,* dem *Rhonethal* gegenüber, oft bis zu bedeutenden Höhen finden, durch solche von der Mitte der *Alpen* her ausgebrochene Fluthen so weit getragen werden konnten, als wir sie von ihrem Ursprunge entfernt antreffen. Eine solche Annahme läfst

---

[1]) Meine populären Briefe über die gesammten Gebiete der Naturwissenschaften 1848. Bd. I. S. 243.

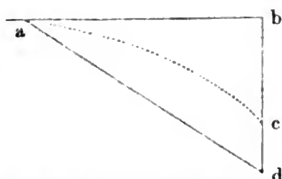
sich nicht auf jene bei *Martinach* fortgeschobenen Granitblöcke stützen; denn nicht das Wasser, sondern die große Menge Holz, welche es mit sich führte, hat diese Blöcke auf dem Bette des Stromes fortgetrieben. Gegen physikalische Gesetze streitet endlich die Annahme, daſs groſse Blöcke in einer ganz mit Trümmern und Schlamm erfüllten Masse sich nur langsam senken[1]; denn sollte dies als möglich gedacht werden: so müſsten die Trümmer so viel und das Wasser so wenig betragen, daſs das Ganze mehr eine feste als eine flüssige Masse wäre. Eine solche Masse würde sich aber nur langsam fortbewegt, und die groſsen Blöcke würden Zeit genug gehabt haben, einzusinken, ehe sie die entgegenstehenden Berge erreicht hätten.

Durch die suspendirten Theile in den Flüssen wird das Abreiben der Felsen und Gesteine an ihren Ufern und auf ihrem Boden besonders befördert; denn sie treffen die Gesteine mit der durch das strömende Wasser erlangten Geschwindigkeit.

Wenn auf einem Lande, dessen Oberfläche nur wenig undulirt ist, nach seiner Erhebung über das Meer alsbald der Wasserlauf und die Erosion beginnt: so können keine Wasserfälle entstehen, wohl aber, wenn das Land so configurirt ist, wie *Norwegen* mit seinen engen, von steilen Abhängen eingeschlossenen Schluchten. Die auf den weit ausgedehnten Hochebenen (Fjelds) sich sammelnden Gewässer stürzen über diese Abhänge; daher die unzähligen Wasserfälle in diesem Lande. Der höchste scheint der des *Keelfoſs* zu sein, welcher über eine auf 2000 Fuſs Höhe geschätzte Felswand herabstürzt. Je nach verschiedenen Umständen nimmt die Höhe der Wasserfälle im Laufe der Zeit ab oder zu. Hat sich das Land nur oben über das Meer erhoben: so ist die Höhe der Wasserfälle ein Minimum; mit fortschreitender Erhebung nimmt sie zu; dieser Zunahme wirkt aber die Erosion des Fluſsbettes oberhalb des Falles entgegen.

---

[1] Ebend. S. 252.



Ist das Bett *a b* eines Flusses ursprünglich horizontal, so beginnt die Erosion mit einer Entkantung der Felsenkante *b*. Nach lange fortgesetzter Erosion bildet das Flufsbett eine Kurve *a c*. So lange als dieses Bett seine ursprüngliche horizontale Lage beibehält, führt der mit geringer Geschwindigkeit fliefsende Flufs seinen Detritus nur langsam fort. Je mehr sich die Kurve krümmt, desto schneller wird der Detritus fortgeschoben und desto mehr das Felsenbett erodirt. Eine Zeit mufs endlich kommen, wo der Flufs auf der Hypotenuse *a d* fliefsen und der freie Wasserfall gänzlich aufhören wird. Da die Entkantung bei *a* fortschreitet: so zieht sich dieser Punkt fortwährend zurück und der Winkel *d a b* wird immer kleiner.

Die grofse Endgeschwindigkeit, welche die mit dem Wasser hoch herabstürzenden Geschiebe erlangen, geht, da sie nur im letzten Theile ihres parabolischen Bogens fast senkrecht fallen, für ihre laterale Fortbewegung verloren. Sie häufen sich daher am Fufse des Wasserfalles an und tragen bei, die Höhe desselben zu vermindern. Am *Staubbach* bei *Lauterbrunn* in der *Schweiz* bilden diese Geschiebe einen beträchtlichen Hügel. Sie keilen sich in Folge ihrer bedeutenden Endgeschwindigkeit so zusammen, dafs man Mühe hat, sie aus einer Tiefe von nur einigen Zoll herauszuholen. Vor meinen Augen schlug ein Rollstein, wie von einem schweren Hammer getroffen, ein. Ein solches zusammengeprefstes Conglomerat fortzuführen, dazu fehlt die Wasserkraft.

Der Frost trägt viel bei zum Rückzuge der Wasserfälle. Das Wasser in den Spalten, Klüften und zwischen den Absonderungsflächen der steilen, lateraler Abkühlung ausgesetzten Felswände kommt, wenn der Wasserfall erstarrt, schnell zum Gefrieren. Der seitliche Widerstand der entblöfsten Felswände wird durch die ausdehnende Kraft des frierenden Wassers leicht überwunden, die Felswand rückt vor. Diese Wirkung wiederholt sich in jedem Winter und steigert sich; denn je mehr der Fels seitwärts

geschoben wird, desto mehr Wasser dringt in die sich erweiternde Spalte und desto mehr nimmt die ausdehnende Kraft zu, bis endlich der abgetrennte Fels nach dem Schmelzen des Eises zum Absturze kommt. Nirgends sind die Bedingungen zur mechanischen Zerstörung der Felsen durch den Frost in höherem Grade gegeben, als bei Wasserfällen.

Die Höhe der Wasserfälle nimmt zu, wenn während der Erosion eines Hauptthales die Seitenthäler nicht in gleichem Verhältnifs erodirt werden. Bei weitem die meisten Wasserfälle in den *Alpen* sind von dieser Art.

Es sind gewifs die seltensten Fälle, dafs nach der Vereinigung zweier Flüsse die Breite im Verhältnifs der Breiten beider zunimmt, dafs also, wenn z. B. beide Flüsse gleich breit sind, der vereinigte Flufs die doppelte Breite erlangt. Ein solcher Fall könnte nur dann eintreten, wenn die Tiefe des vereinigten Flusses das arithmetische Mittel der Tiefen der beiden Flüsse wäre. Es ist aber als Regel anzunehmen, dafs die Tiefe nach der Vereinigung zunimmt. Man kann daher allgemein setzen, dafs die Summe der Breiten aller Bäche, welche in einen Flufs münden, gröfser und meist sehr viel gröfser ist, als die Breite, welche dieser nach Aufnahme jener erlangt.

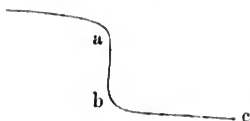
Aller Detritus, den die Bäche dem Flusse zuführen, und der bereits erodirend auf die Betten der erstern gewirkt hat, concentrirt sich im Bette des Flusses. Da nun dieses eine geringere Breite hat, als jene zusammengenommen: so ist es eine nothwendige Folge, dafs die Erosion im Flufsbette in gleichen Zeiten in gröfserem Verhältnisse, als in jedem einzelnen Bachbette stattfinden wird, vorausgesetzt dafs die Neigung des Flufsbettes grofs genug ist, damit die Erosion noch fortschreiten kann.

Das mittlere Gefälle der *Rhone* von ihrem Ursprung bis zum *Genfersee* ist pro Meile 202 Fufs. Fährt sie fort, ihr Felsenbett zu erodiren, bis dieses Gefälle auf 6,5 Fufs herabgekommen ist: so ist es doch noch so grofs, wie das des *Rheins* von *Bingen* bis *Coblenz*. Wie der *Rhein* auf dieser Strecke, so kann also auch die *Rhone* bei so weit vermindertem Gefälle, ihren Detritus unter übrigens gleichen Umständen fort und in den *Genfersee* führen. Ver-

mindert sich das Gefälle der *Rhone* bis zu jener Gröfse, so setzt dies eine Erosion ihres Bettes am Anfangspunkte ihres Laufes im Betrage von 4100 Fufs voraus. Da nach obigen Erörterungen die Betten der Nebenflüsse, welche die *Rhone* zwischen dem *Rhonegletscher* und dem *Genfersee* aufnimmt, in gleicher Zeit in einem geringern Verhältnisse erodirt werden: so nimmt das Gefälle dieser Nebenflüsse sowie die Höhe der Wasserfälle zu.

In jener früheren Periode, wo die Erosion eben begonnen hatte, bildeten die Seitenbäche eines Flusses keine Wasserfälle, sie flofsen auf mehr oder weniger geneigtem Boden in den Flufs. Erst als beim Fortschreiten der Erosion das Flufsbett mehr als die Bachbette erodirt wurden, bildeten sich Wasserfälle, deren Höhe immerfort und bis zur Jetztzeit zunahm.

Wenn ein aus dem Meere erhobenes Tafelland an denjenigen Seiten, nach welchen die Gewässer ihren Lauf genommen haben, von steilen Abhängen begrenzt wird, so entstehen Wasserfälle von der Zeit an, wo durch fortschreitende Erhebung diese Abhänge über den Meeresspiegel kommen. Ihre Höhe nimmt so lange zu, als die Hebung dauert, abgesehen von Abnahme derselben in Folge der Erosion.



Diese Wasserfälle stürzten Anfangs in das Meer, kam aber auch das Tiefland *b c*, in welches der Abhang *a b* überging, über die Meeresfläche: so setzte das herabstürzende Wasser auf diesem seinen Lauf bis zum Meere fort. Durch Erosion können nur in dem unten angeführten Falle Wasserfälle entstehen, weil im Allgemeinen, wie wir gesehen haben, durch dieselben ihre Höhe sich vermindert, bis sie endlich ganz verschwinden. Wie könnte man sich auch denken, dafs ein mit noch so grofsem Gefälle fliefsendes Wasser an einer Stelle seines Laufes sein Bett so zu erodiren im Stande wäre, dafs eine steile Felswand entstehen könnte? Geht das Erosionsbett eines Flusses in einem Gestein, welches wenig erodirbar ist, in ein anderes über, welches leicht vom Wasser ausgetieft werden kann: so entstehen

auf der Grenze beider Gesteine Wasserfälle. So bezeichnet in der *Romanche* ein Wasserfall den Uebergang vom wenig erodirbaren Kalk zum sehr erodirbaren, schiefrigen Gneifs. An Stellen, wo Felsen ein Flufsbett durchkreuzen, welche der Erosion gröfsern Widerstand leisten, als an andern, wo das Gestein leichter zerstörbar ist, da entstehen Aufstauchungen und in Folge derselben kleine partielle Wasserfälle. Dafs gröfsere entstehen, wenn durch Felsenstürze das Bett local verstopft wird, ist von selbst klar. Bei weitem die meisten kleinern Cascaden in den mit grofsem Gefälle fliefsenden Bächen haben diesen Ursprung, der leicht wahrzunehmen ist.

Aus vorstehenden Betrachtungen ergibt sich, dafs die Wasserfälle, welche ein Flufs macht, und die nicht herrühren können von Aufstauchungen durch Felsenrisse oder durch Bergstürze, dadurch entstanden sein können, dafs schroffe Felsenabhänge schon vor dem Eintritte des Wasserlaufes existirt haben. Solche Wasserfälle sind unter anderm der 500 Fufs hohe *Aarfall* bei *Handeck* im *Haslithale* und der *Rheinfall* bei *Schaffhausen*.

Noch eine andere Ursache bewirkt, dafs die Erosion in den Hauptthälern der *Alpen* in gröfserm Verhältnifs fortschreitet, als in den Seitenthälern. Die in Cascaden hinabstürzenden Bäche der Seitenthäler rühren meist von hochgelegenen Gletschern oder von Schneefeldern her; zur Winterzeit hören sie daher auf zu fliefsen.

Während dieser in den *Alpen* langen Zeit steht also die Erosion in den Seitenthälern still; in den Hauptthälern schreitet sie aber in geringerm Grade fort. Den Flüssen in denselben gehen zwar auch die Zuflüsse von den Gletschern, welche zur Sommerzeit die bedeutendsten sind, während des Winters ab, die Quellen, welche namentlich im zerklüfteten Kalkgebirge reichliche Zuflüsse liefern, fahren aber fort zu fliefsen, welches nicht der Fall ist bei den aus höhern kältern Regionen kommenden Quellen, die nur zur Sommerzeit die Bäche nähren.

In *Norwegen* sind die Hochebenen zwei Drittel des Jahres lang mehr oder weniger mit Schnee bedeckt. Während dieses Zeitraumes sind die Flüsse meist trocken und die Wasserfälle verschwunden. Die bedeutenden Anhäu-

fungen von Schnee, im Herbst, Winter und Frühjahr schmelzen während der anhaltenden Sommerwärme. Nur zu dieser Zeit wird das Innere dieses Landes besucht und man hat dann die grofsen Mengen fliefsenden und herabstürzenden Wassers vor Augen[1]).

Der Betrag der Meteorwasser, welche auf *Norwegen* fallen, ist bedeutend. Da sich der Regen nur auf den kurzen Sommer beschränkt und in dieser Zeit auch der während des langen Winters gefallene Schnee zum Schmelzen kommt: so kann der ungemeine Reichthum des in Bewegung gesetzten Wassers nicht befremden. Die Erosion kann daher nur während der Sommermonate gedacht werden; im Winter steht sie fast gänzlich still. Nur der Detritus, welcher von dem fliefsenden Wasser fortgeführt wird, wirkt erodirend; nur in sofern kann mithin der hohe Wasserstand in den Flüssen und Bächen die Erosion beschleunigen, als er eine schnellere Bewegung des Detritus herbeiführt. Schwerlich wird aber dieser Effect ein Aequivalent dafür sein, dafs während zwei Drittel des Jahres die Erosion fast Null ist.

Was beispielsweise von *Norwegen* gilt, hat auch Bezug auf alle in hohen und auch auf die in niedern Breiten gelegenen Länder, welche über die Schneegrenze sich erheben. In allen diesen Ländern schreitet die Erosion viel langsamer fort, als in andern, wo der Wasserlauf unabhängig von der Jahreszeit ist. In den unter einer ewigen Schneedecke begrabenen Polarländern, so wie auf dem Hochgebirge der *Alpen* kann keine Erosion mehr gedacht werden; denn wenn auch während der warmen Jahreszeit Schnee noch schmilzt: so kommt das Schneewasser nicht auf die Unterlage, sondern wandelt blos den Schnee in Firneis um.

In dem unter der Schneegrenze gelegenen Theile der *Alpen* der *Schweiz* u. s. w., wo die Sommerzeit die kleinere Hälfte des Jahres umfafst, bestehen ähnliche Verhältnisse wie in *Norwegen*.

Wenn auf den schroffen Abhängen der mit ewigem Schnee bedeckten Berge dieser noch haften könnte: so würden sie eine ewige Dauer haben; denn nicht nur keine

---

[1]) Forbes Reise nach *Norwegen* S. 223.

Erosion, sondern auch keine Verwitterung könnte stattfinden. So ist es aber nicht; die entblöfsten Felswände sind ebenso wie die Gesteine in den Thälern den zersetzenden Wirkungen der Atmosphärilien ausgesetzt, die dadurch gelockerten Massen werden durch das enorme statische Moment der Schneelavinen den Firnfeldern und den Gletschern zu und von diesen fortgeführt.

Die Zahl der Wasserfälle in der *Schweiz* ist aber geringer als in *Norwegen*, welches sich aus dem Mangel von Hochebenen und der aufserordentlichen Verzweigung der Thäler in jenem Lande erklärt, während dieses so ungemein ausgedehnte Hochebenen (Fjelds) besitzt.

Der Frost nimmt Antheil an der Erosion des Bettes der Flüsse. An ihren Ufern frieren sie bei anhaltendem Froste zu, das Wasser zieht sich in die Mitte des Bettes zurück, die Kälte dringt in das trocken gelegte Gestein, bringt das in Spalten und zwischen Schichtungsflächen befindliche Wasser zum Gefrieren, das Gestein wird auseinander getrieben und beim Eintreten des Thauwetters lösen sich Theile von ihm ab.

Die an den Ufern der Flüsse abgelagerten Geschiebe sind derselben Wirkung durch den Frost unterworfen, und um so mehr je schiefriger sie sind.

Die theils chemischen, theils mechanischen Processe und Operationen sind die Anfänge der Thalbildung.

Studer [1]) bemerkt, dafs Thäler nicht nur durch Auswaschung oder durch Senkung einer Masse, welche sie früher ausgefüllt hat, sondern auch durch Aufrichtung ihrer Seitengebirge entstanden sein können. Gegen diese Möglichkeit ist nichts einzuwenden; stets wird aber die Erosion die Thalbildung fortsetzen.

Zu den auffallendsten Erscheinungen gehören die mannichfaltigen Krümmungen und Biegungen der Flüsse in ihrem Laufe durch enge Felsenthäler.

Wo sich ein Flufs in einem rechten oder sogar in einem spitzen Winkel plötzlich krümmt, wo er bald hierauf eine ähnliche Krümmung in entgegengesetzter Richtung macht, und durch Wiederholung dieser Krümmungen

---

[1]) Lehrbuch der physik. Geographie und Geologie.

zur ursprünglichen Richtung seines Laufes zurückkehrt, da mufs ein solcher widersinniger Lauf ihm vorgezeichnet gewesen sein. Solche Undulationen auf der Oberfläche des Landes müssen daher schon vor der Erhebung desselben über das Meer existirt haben.

Jedes undulirte Land war einst ein Archipelagus. Die Höhen kamen zuerst als Inseln über das Meer; mannichfaltig gewundene Buchten blieben zwischen ihnen.

Je mehr die Höhen über das noch unter dem Meere befindliche Land hervorragten, desto längere Zeit verflofs bei langsamer Hebung, ehe auch dieses auftauchte. Während dieser Periode nahmen die von den Höhen herabfliefsenden Gewässer ihren Lauf in die Buchten zwischen den Inseln, und setzten ihn fort, als auch das Tiefland zu Tage gekommen und das Meerwasser in ihm in das Meer zurückgeflossen war.

Dieses Tiefland wurde ein Hauptthal, welches die Gewässer der durch Erosion entstandenen Seitenthäler aufnahm. Schritt die Hebung fort: so wurde auch das Hauptthal erodirt. Verflofs eine lange Zeit zwischen dem Auftauchen der Höhen und des Tieflandes, und hatten jene schroffe Abhänge: so war der Brandung Spielraum gegeben ihre Wirkungen auszuüben. Die Buchten erfüllten sich mit Detritus, und so konnte es geschehen, dafs nach dem Auftauchen des Tieflandes der Flufs seinen Lauf in einem Detritusbette fand und keine oder doch nur beschränkte Erosion stattfinden konnte.

Bildete die ehemalige Bucht eine Mulde: so entstand durch ihre Erhebung ein See, in welchem die Gewässer der Seitenthäler flossen und das Salzwasser zum Abflusse in das Meer drängten. So ging der Salzwassersee in einen Süfswassersee über. Selbstredend hängt die Tiefe eines solchen See's von der Höhe der ihn gegen das Meer abschliefsenden Felswand über den Boden der Mulde ab. Schritt die Hebung fort: so erodirte das aus dem See fliefsende Wasser die Felswand, das Niveau des Abflusses sank und die Tiefe des See's nahm ab. Wurde dieser nach und nach mit Detritus erfüllt: so war der Flufs gezwungen seinen Lauf im Detritusbette zu nehmen.

Bedeutende Erweiterungen und darauf folgende Ver-

engungen der Thäler mit ungleicher Wirkung der Erosion in Zusammenhang zu bringen, hält schwer. Das enge Rheinthal zwischen *Bingen* und *Coblenz* erweitert sich unterhalb des letztern Ortes bis zur Breite von einer Meile, und bildet das sogenannte Becken von *Neuwied*, während es bei *Coblenz* nur eine viertel Meile beträgt. Unterhalb *Andernach* wird es wieder so schmal, wie oberhalb *Coblenz*. Man könnte geneigt sein, dieses Becken für ein Erosions-Werk der *Mosel* zu halten. Diesem steht aber entgegen, dafs der der Mündung dieses Flusses gegenüberstehende *Ehrenbreitstein* die Fortsetzung des Thalgehänges oberhalb dieser Mündung in gerader Richtung ist, und dafs erst eine halbe Meile rheinabwärts das Thal anfängt sich zu erweitern. Weit wahrscheinlicher dürfte die Annahme sein, dafs jenes Becken als ein Tiefland später über die Meeresfläche kam, als die es einschliefsenden Höhen, und dafs nach seiner Erfüllung mit Detritus der *Rhein* seinen Lauf durch diesen nahm.

Wo auf die eben erörterte Weise den Flüssen ihr Lauf schon vorgezeichnet war, da setzte die Erosion das Werk fort. Die so sehr ungleiche chemische und mechanische Zerstörbarkeit der Gesteine veranlafste, dafs die Erosion bald hier bald dort mehr oder weniger einwirkte und dadurch der Lauf der Flüsse verändert wurde.

Wo fliefsende Gewässer nur die geringste Erosion bewirken können, da ist schon der Anfang einer Vertiefung gegeben, nach welcher sie sich von benachbarten Punkten, wenn sie Widerstand finden, hinziehen.

„Wo, bemerkt Studer [1]), die Erosion auf Lager stöfst, welche ungleichen Widerstand leisten, da zeigen die Bergabhänge, wie die obern Rücken einen Wechsel vorspringender Rippen, Gräte, Gipfel und tiefer eingreifender Graben u. s. w. Die meisten Seitenausläufer der Alpenketten tragen diesen Charakter und haben ihre Formen, wenn nicht in der ursprünglichen Anlage, doch in der jetzigen Ausbildung durch Erosion erhalten.“

In *Südtirol*, wo ein so häufiger Wechsel von krystallinischen und sedimentären Gesteinen stattfindet, ist

---

[1]) A. a. O. S. 208.

zu ersehen, wie plötzliche Krümmungen der Flüsse von der verschiedenen Erodirbarkeit derselben herrühren[1]).

Nach v. Richthofen[2]) wird die bei *Brixen* im Thonschiefer fliefsende *Eisack* unterhalb dieser Stadt bald von ihrer Richtung abgelenkt, wie es scheint durch einzelne Porphyrstöcke, welche diesen Schiefer durchbrechen. Im Glimmerschiefer sind die Thäler meist flach und muldenförmig mit schwach welligem Thalboden, von dem die Gehänge terrassenförmig bis zu grofsen Höhen ansteigen.

In den Thälern im Porphyr zeigen sich in Folge der Zerklüftung desselben in senkrechte Säulen treppenförmige Abstufungen in den Gehängen.

Nach Simony[3]) zeigt sich auch da, wo an die Stelle des Glimmerschiefers Porphyr und Kalk tritt, keine eigenthümliche Stufenbildung, d. h. kein so plötzlicher Wechsel von grofsem und geringem Gefälle im Laufe der *Etsch* wie im *Vintschgau.*

Wo nämlich das Gestein der Gebirgsabhänge leicht zerstörbar ist, da führen die Gebirgsbäche viel Detritus in das Bett des Stroms, dieser wird aufgestaucht und sein Gefälle vermindert. Unterhalb dieser Aufstauchung nimmt dagegen das Gefälle zu. So entstehen im Bette des Stroms und in dem von ihm zur Zeit des Hochwassers noch überflutheten Thale Terrassen auf dieselbe Weise, wie bei einer Reihe von unter einander liegenden Mühlen an einem Flusse oder Bache. Wo hingegen das Gestein der Gebirgsabhänge weniger zerstörbar ist, da wird weniger Detritus dem Strombette zugeführt: es entstehen keine Aufstauchungen, mithin auch keine Terrassen in seinem Laufe.

Hebungen und Erosionen führen Ortsveränderungen herbei: jene haben eine mehr oder weniger grofse Ausdehnung, diese beschränken sich auf das Bett der Flüsse und Bäche.

Die langsame Hebung von *Skandinavien* ist ein Vor-

---

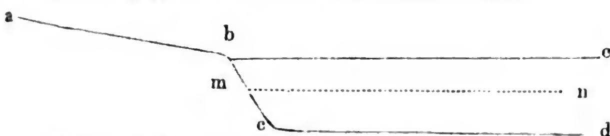
[1]) Viele Beispiele dieser Art finden sich in der Abhandlung „Ueber die Natur der Wildbäche von Streffleur in den Sitzungsberichten der Wiener Akad. math.-naturw. Klasse Band VIII aufgezeichnet.

[2]) Geognost. Beschreibung von *Predazzo* etc. 1860. S. 34 ff.

[3]) Wiener Akademie-Ber. VIII. S. 480.

bild, wonach wir Hebungen in der Vorzeit zu schätzen und zu beurtheilen haben; denn sie umfaſst einen groſsen Landstrich. Eine Kraft sich zu denken, die ein Land in 100 Jahren um etwa 3 Fuſs hebt, übersteigt nicht unser Fassungsvermögen; wohl aber, wenn man ein *Alpengebirge*, gleich einer Mine aufsteigen lassen wollte. Dies würde ein statisches Moment voraussetzen, von dem man sich keine Begriffe mehr machen könnte.

Die nachstehenden Betrachtungen sind auf eine langsame Hebung gleich der von *Skandinavien* basirt.



Wenn *a b* ein Fluſsbett ist, welches sich bei *b* mit dem Boden eines Meerbusens *c d* vereinigt, und *m n* die Meeresfläche, so wird der Fluſs bis zur Höhe *b e* Detritus in denselben führen und ihn damit erfüllen. Die Erosion des Fluſsbettes schreitet fort und erreicht ihr Maximum im Niveau der Meeresfläche. Während dieser Periode ist aber der Fluſs gezwungen, sein Bett im Detritus des ausgefüllten Meerbusens auszutiefen.

So erklärt sich die gewöhnliche Erscheinung, daſs die Flüsse in der Nähe ihrer Meeresmündung in einem Bette flieſsen, welches sie in ihren eignen frühern Absätzen eingegraben haben. Daſs sich dieser Theil ihres Bettes sehr weit herauf ziehen kann, zeigt beispielsweise der *Rhein*, der von *Bonn* bis zur *Nordsee* im Detritusbette flieſst. Diese Länge beträgt fast ein Drittel seines ganzen Laufs. Dazu kommt noch, daſs dieser Strom auch zwischen *Coblenz* und *Andernach*, und auf der weiten Strecke zwischen *Basel* und *Bingen* im Detritusbette flieſst. Dieser lange und breite Theil des *Rheinthals* war daher einst ein groſser See oder ein Binnenmeer.

Eine Erosion in einem Detritusbette kann keinen Effect auf das liegende Gestein haben; denn hier findet blos eine Reibung zwischen den liegenden und den darüber geschobenen Geröllen statt, jene abgeriebenen Geschiebe werden aber selbst wieder fortgeschoben.

und an ihre Stelle neue durch den Flufs geführt. Durch Erosion kann daher ein Flufsbett nicht, sondern nur dadurch ausgetieft werden, wenn der Flufs aus einem Felsenbette in ein Detritusbett übergeht, und jenes durch Erosion erniedrigt wird. In diesem Falle wird er gezwungen, die seinen Lauf hindernden Gerölle fortzuschieben und in das Detritusbett tiefer einzuschneiden.

Wo die Flüsse im Detritus- oder im zerklüfteten Felsenbette fliefsen, da findet eine doppelte Wasserbewegung statt. Lager von Sand und Geschiebe sind nicht wasserdicht. Fliefst das Wasser auf solchen Lagern: so dringt es in dieselben und bis dahin, wo eine wasserdichte Schicht das Liegende bildet. Auf dieser Unterlage sickert das Wasser fort, wenn sie nicht stromabwärts ansteigt.

Die Senkbrunnen in dem Rheinthale, in welchem die liegenden Detritusschichten wasserdurchlassend, die hängenden Thonlager wasserdicht sind, wo also Tagewasser nicht eindringen können, zeigen den unterirdischen Lauf der Flufswasser.

Nur in solchen Fällen, wo von benachbarten Thalabhängen eine wasserdichte Schicht sich herabzieht, die beim Abteufen des Brunnens erreicht wird, können es blos Gebirgsquellen sein, welche diese nähren.

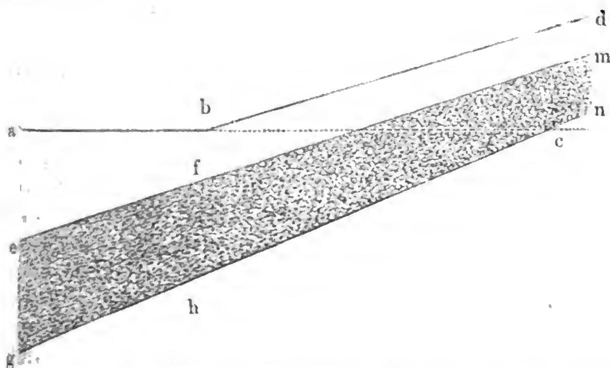
Wie schnell sich der Wasserstand in diesen Brunnen mit dem umgebenden Detritus ins Gleichgewicht stellt, zeigen die bedeutenden Mengen Wassers, welche die Brunnen, wenn sie hinlänglich abgeteuft worden sind, ununterbrochen fortliefern. Zur Entwässerung von Sümpfen gräbt man im Detritus Gruben bis zum Niveau des benachbarten Flusses, oder auch nicht einmal so tief.

Solche Gruben nehmen ganz bedeutende Mengen Wassers auf und führen sie im unterirdischen Laufe dem Flusse zu, wenn man sie in der trocknen Jahreszeit vom zugeführten, die Kanäle verstopfenden Schlamme reinigt. Kleine Flüsse, welche im Detritusbette in grofse sich ergiefsen, versiegen bei niedrigem Wasserstande in der Nähe ihrer Mündung, indem die ganze Wassermenge durch den Detritus filtrirend letztern unterirdisch zufliefst. Alle diese Thatsachen zeigen, dafs der unterirdische Lauf der Flüsse eine wohl zu beachtende Gröfse ist. Eine ganz bedeutende

Gröſse wird er, wenn Flüsse im zerklüfteten Felsenbette, namentlich im Kalksteingebirge flieſsen. Davon war schon im Kap. IV. die Rede.

Ziehen sich die wasserdurchlassenden Detritusschichten eines Stroms in das Meer hinein: so sind sie in ihrer ganzen Tiefe vom Meerwasser durchdrungen.

In nachstehendem Profil seien: *a b* die Meeresoberfläche; *b d* der Stromlauf; *e f g h* die wasserdurchlassenden Schichten.



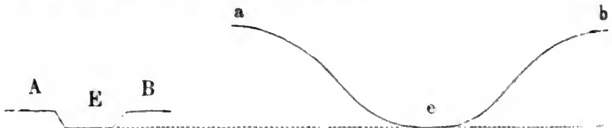
f m n h wasserdurchlassende Schichten unter dem Detritus des Stroms, *g h n* das wasserdichte Liegende. So begegnen sich bei *f g* die Fluſs- und Meerwasser und es entstehen durch Mischung beider die sogenannten brakischen Wasser. Die salzigen Wasser können nicht höher, als bis zum Meeresspiegel *b c* ansteigen.

Die periodischen Oscillationen durch die Ebbe und Fluth können keinen Einfluſs auf den unterirdischen Stand des Meerwassers im Detritus haben, da sie von 6 zu 6 Stunden wechseln. Nur anhaltende Spring- und Sturmfluthen mögen ein kurzes Ansteigen über *b c* veranlassen, während andrerseits hohe Wasserfluthen des Stroms deprimirend auf diesen Wasserstand wirken. Es ist klar, daſs der unterirdische Wasserlauf sein Ende da erreicht, wo das wasserdichte Liegende der Detritusschichten in gleiches Niveau mit dem Meeresspiegel kommt: in der Figur bei *c*.

Dieser Punkt steht um so weiter vom Meere ab, je mächtiger die wasserdurchlassenden Schichten sind, und

je geringer das Gefälle des Stroms auf seinem Laufe durch das Detritusbett ist. Da dieses Gefälle in der Regel sehr gering ist: so kann der Punkt *c* viele Meilen weit von der Meeresküste entfernt liegen. Dafs in solchen Fällen das Wasser in so weit abgelegenen Detritusschichten nicht mehr brakisch sein kann, versteht sich von selbst.

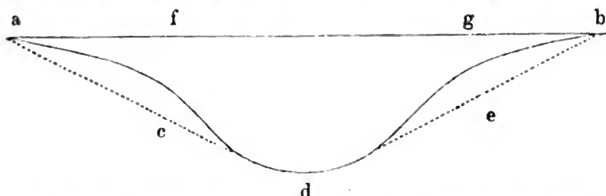
Angenommen, ein Land werde in gleichen Zeiten eben so viel gehoben, als das Bett seiner Flüsse erodirt. In diesem Falle bleibt letzteres immer in gleicher Meereshöhe, während das ganze, der Hebung aber nicht der Erosion unterworfene Land fortwährend steigt; mithin ein mehr oder weniger tief eingeschnittenes Thal entsteht. Schreitet die Hebung eines Landes in gröfserm Verhältnisse fort, als die Erosion der Flufsbette: so nimmt die Meereshöhe der letztern zu. Beträgt endlich die Erosion mehr, als die Hebung: so nimmt die Meereshöhe der Flufsbette ab. Hat die Hebung ihr Ende erreicht: so nimmt in jedem dieser drei Fälle in Folge der fortschreitenden Erosion die Meereshöhe der Flufsbette und damit auch das Gefälle der Flüsse, sowie die Geschwindigkeit ihres Laufes ab. Der gröbere Detritus wird dann auf dem Bette träge oder nur bei hohem Wasserstande fortgeschoben, und die Wirkung der Erosion sinkt immer mehr herab. Sie hört gänzlich auf, wenn das Bett des Flusses im untern Theile seines Laufes in das Niveau des Meeresspiegels gekommen ist.



A B sei die Oberfläche eines aus dem Meere erhobenen Landes, auf welchem bei *E* die Erosion bereits begonnen hat. Fährt die Hebung fort und beträgt sie in gleichen Zeiten ebenso viel wie die Erosion: so bleibt das erodirte Bett *e* in gleichem Niveau, der nicht erodirte Theil steigt aber bis zur Höhe *a b*. Besteht das gehobene Land aus einem wenig zerstörbaren Gestein: so entstehen jähe Bergabhänge, besteht es hingegen aus einem sehr zerstörbaren Gestein: so bilden sich sanft geneigte. Aufser der ununterbrochen fortschreitenden Erosion durch den Flufs, fin-

den aber auch periodische Erosionen durch die auf das erhobene Land niedergehenden Meteorwasser statt, welche über die Bergabhänge in das bereits entstandene Thal stürzen. Sie wirken erodirend auf die Abhänge, und das Thal erweitert sich. Wo das Gestein leicht zerstörbar ist, da erweitert es sich mehr, wo es schwer zerstörbar ist, weniger. Das *Rheinthal* zeigt zwischen *Bingen* und *Königswinter* einen häufigen Wechsel von Thal-Erweitungen und Thal-Engen, der gewifs vorzugsweise dem Umstande zuzuschreiben ist, dafs der Thonschiefer sehr leicht, die Grauwacke sehr schwer zerstörbar ist.

Wie weit vom *Rheinthale* entfernt sich die Wirkungen der periodischen Erosion erstrecken, ist deutlich wahrzunehmen, wenn man die steilen Bergabhänge besteigt, und zu den Höhen kommt, welche vom Rheinufer aus sichtbar sind. Von hier an steigt das Gebirge in geringerer Neigung oft sehr weit an, bis man die Hochebene erreicht.



Es sei *a b* die Oberfläche eines aus dem Meere erhobenen Landes vor dem Beginnen der Erosion, *a c d e b* die Configuration nach einem gewissen Zeitraume, in welchem die Erosion gewirkt hat: so ist das Profil *c d e* der Effect der ununterbrochen fortschreitenden Erosion durch den Flufs, während die Profile *a c f* und *b e g* die Effecte der periodischen Erosion durch die Meteorwasser sind. Selbstredend fördern diese Erosionen während ihrer Dauer die Erosionen des Flusses durch das Anschwellen desselben.

Hatten die Meteorwasser ihren Abflufs in das entstandene Thal gefunden, was selbst dann geschehen mufste, wenn *a b* ursprünglich horizontal war: so entstanden nach und nach die schiefen Ebenen *a c* und *b e*; denn das auf eine gewisse Fläche fallende Regenwasser häuft sich während seines Laufes immer mehr an. Je mehr aber die Regenwasser anschwellen, desto mehr wächst ihre Ge-

schwindigkeit und damit ihre erodirende Wirkung. Die schwebenden Theile in den trüben, über die Bergabhänge herabstürzenden Regenwassern sind die Erosions-Mittel und die Erosions-Producte. Je mehr die Gewässer damit beladen sind, desto mehr reiben sie die Gesteine ab und desto mehr entstehen neue schwebende Theile. Diese Wirkungen nehmen von *a* bis *c* und von *b* bis *e* zu. Sie sind da am stärksten, wo das Gestein vom Detritus am meisten entblöfst ist; dies ist aber bei *c* und *e*, wo die Gewässer in gröfster Menge und mit gröfster Geschwindigkeit fliefsen. Hier ist also das Maximum der Erosion und bei *a* und *b* das Minimum. Begreiflicher Weise müssen also die Neigungswinkel *f a c* und *g b e* fortwährend wachsen, und die ganzen Profile *a c d* und *b e d* als Detritus durch die Meteorwasser fortgeführt werden. Die periodischen Erosionen schreiten jenseits *a* und *b* bis dahin fort, wo ein entgegengesetzter Wasserlauf, mithin eine Wasserscheide entstanden ist.

Die gröfsten Höhen des Thonschiefergebirges finden sich nicht in der Nähe des *Rheinthals* sondern mehr oder weniger davon entfernt. Dies kann auch nicht anders sein, da, wie wir gesehen haben, die Bergabhänge an den Thälern den periodischen Erosionen am meisten ausgesetzt sind.

Je näher die Wasserscheiden zwischen dem *Rhein* und seinen Nebenflüssen dem *Rheinthale* liegen, desto kürzer sind die Seitenthäler und desto kleiner sind die darin fliefsenden Bäche.

Die über das Thonschiefergebirge ragenden Kuppen krystallinischer Gesteine finden sich sowohl in der Nähe des *Rheinthales,* wie die Trachyt- und Basalt-Kuppen des *Siebengebirges,* als auch entfernt davon im Hochlande der *Eifel.*

Diese Kuppen und Kegel modificiren die Wirkungen der periodischen Erosionen. Da sie meist steil ansteigen: so stürzen die Meteorwasser von ihren Abhängen mit grofser Geschwindigkeit herab, und führen den durch Zersetzung entstandenen Detritus fort. Die groben Theile bleiben am Fufse liegen, und sind weiterer Zersetzung preisgegeben, die feineren werden auf dem Thonschiefergebirge in die Thäler geführt. Die mächtigen Conglomerate, wel-

che am Fuſse der Trachyt- und Basalt-Berge gelagert sind, und sich oft weit hinaufziehen, sind Zeugen der von diesen Bergen herabgeführten Massen.

Sind die krystallinischen Gesteine, wie namentlich die Basalte säulenförmig abgesondert: so begünstigt diese Structur das Losreiſsen ganzer Säulen, indem die Gewässer in die Zwischenräume derselben dringen, zur Winterzeit darin frieren, und nach dem Aufthauen die Trennung bewirken.

Die Gewässer dringen aber auch in die engen Räume zwischen den Basalt und den ihn umschlieſsenden Thonschiefer, und wirken hier in so hohem Grade chemisch zersetzend, daſs der Basalt in erdige Massen zerfällt, und auch der Thonschiefer mehr oder weniger an der Zersetzung Theil nimmt. Durch die fortschreitende Erosion kommen diese Stellen an die Oberfläche, und die erdigen Massen werden durch die herabstürzenden Meteorwasser fortgeführt.

Sind die eingeschlossenen krystallinischen Gesteine spitze Kegel: so können keine periodischen Wasserläufe auf ihnen entstehen, sondern das Regenwasser stürzt sogleich nach seinem Falle herab. Die oben beschriebenen erodirenden Wirkungen der langen Wasserläufe fehlen also auf den Kegeln, während sie an deren Fuſse mit gröſster Intensität wirken. Indem daher unten mehr vom zersetzten Gesteine fortgeführt wird, als oben: so treten die Kegel immer mehr aus dem sie umschlieſsenden Gebirge hervor.

Glücklicher Weise schreitet die Zersetzung der Gesteine auf dem Hochlande in gröſserem Verhältnisse fort, als die Fortführung des Detritus durch die Gewässer. Würde auf dem Hochlande ebenso viel durch die Gewässer fortgeführt, als zersetzt: so würde es mit der Vegetation schlecht stehen; denn auf kahlem Gesteine gedeihen die Pflanzen nicht oder doch nur kümmerlich. Daher auch nicht auf sehr geneigtem Gesteine, wo der kaum entstandene Detritus sogleich vom Regenwasser fortgeschlämmt wird.

Wo die Bergabhänge aus krystallinischem Gesteine bestehen, welches sich bis zum Ufer des Flusses herabzieht, an beiden Seiten aber das einschlieſsende Gestein hinaufsteigt, da ist dieses an der dem Flusse zugekehrten Seite ganz und auch vom eingeschlossenen Gesteine mehr oder

weniger grofse Mengen bei der Thalbildung fortgeführt worden.

So zieht sich der Trachyt des *Drachenfels* von der Spitze dieses Berges bis zum Ufer des *Rheins* herab. Bei niedrigem Wasserstande soll sich auch im Flufsbett anstehender Trachyt zeigen. Zahlreiche grofse Blöcke dieses Gesteins am Ufer und im Strome bezeugen das Herabstürzen losgerissener Massen nach der Fortführung des Thonschiefers, welcher auf der westlichen Seite nur noch am Fufse des Berges ansteht [1]). Zu beiden Seiten des Berges reicht aber der Thonschiefer noch hoch hinauf und hierauf folgt das Trachyt-Conglomerat und zuletzt der anstehende Trachyt. Aehnliche Erscheinungen zeigen sich bei den an der Rheinseite entblöfsten Basalt-Bergen bei *Rolandseck,* bei *Erpel* und an andern Stellen.

Die Schluchten, welche sich wie Seitenthäler in die Bergabhänge ziehen, unterscheiden sich von diesen darin, dafs sie nur einen kurzen Verlauf haben, und dafs in ihnen keine Flüsse oder Bäche fliefsen, und sie daher nur das Werk periodischer Erosionen durch die Meteorwasser sind. Dies zeigt sich in diesen Schluchten sehr augenfällig. Solche Schluchten können Seitenthäler werden, wenn sich durch fortgesetzte periodische Erosionen verborgene Wasseradern öffnen, und dadurch Quellen und Bäche entstehen, welche eine permanente Erosion herbeiführen.

Das ganze *Rheinthal,* von *Bonn* bis zur *Nordsee,* ist als ein ehemaliger Meerbusen zu betrachten, der nach und nach durch den Detritus des *Rheins* und aller unterhalb *Bonn* jetzt in ihn sich ergiefsender Flüsse, ausgefüllt worden ist. Die Meereshöhe des *Rheins* bei *Königswinter,* wo er aus dem Schiefergebirge tritt, ist 150 Fufs. Die höchsten Schichten des Detritus zwischen diesem Orte und *Bonn* liegen mindestens 60 Fufs über dem Rheinspiegel, mithin 210 Fufs über dem Meeresspiegel. Zwei Annahmen zur Erklärung dieser Niveau-Verhältnisse sind möglich.

War die Hebung des Schiefergebirges und des Liegenden des Detritus, während der Ausfüllung des ehemaligen Meerbusens, schon vollendet: so mufste das damalige

---

[1]) v. Dechen, Geogn. Führer in d. Siebengebirge S. 54.

Rheinbett ungefähr 60 Fuſs höher gelegen haben, als jetzt. Seit dieser Zeit würde also die Erosion, sowohl im Detritus, als im Schiefergebirge aufwärts *Königswinter* bis zu diesem Betrage zugenommen haben. War dagegen die Hebung des Schiefergebirges und des Bodens des Meerbusens noch im Gange, als dessen Ausfüllung begonnen hatte, fuhr sie selbst dann noch fort, als der Detritus im Meerbusen die Meereshöhe des jetzigen Rheinbettes im aufgeschwemmten Lande erreicht hatte, und hielt die Hebung gleichen Schritt mit der nun eingetretenen Erosion seines Detritusbettes: so hat der *Rhein* nie die Höhe des jetzt über ihm gelegenen aufgeschwemmten Landes erreicht.

Vor einigen Jahren hat man Bohrversuche nach Steinkohlen bei *Xanten* und *Homberg* auf dem linken *Rheinufer* unternommen, welche gleich wichtige Resultate für die Industrie, wie für die Wissenschaft geliefert haben.

Meinem Freunde von Dechen verdanke ich nachstehende, aus amtlichen Bohrregistern entnommene Mittheilungen.

Bei *Xanten* fand man Kies	53,75	Fuſs	mächtig
Letten und Kies	2	„	„
Fluſssand	3	„	„
	58,75		

und unter diesem feinen grünen Sand, welcher den tertiären Schichten angehört; bei *Homberg*, *Ruhrort* gegenüber fand man Kies 65 Fuſs mächtig, unter diesem denselben grünen Sand.

Der Ansatz des Bohrlochs liegt ungefähr 22 Fuſs über dem Rheinspiegel; der Rhein-Detritus hat also eine Mächtigkeit von 43 Fuſs.

Nehmen diese Schichten die ganze Breite des *Rheinthales* ein, hat sich ihr Niveau, seitdem sie mit Rhein-Detritus überfluthet wurden, nicht verändert: so bildeten sie damals wie jetzt einen Damm, über welchen hinaus das Meer nicht treten konnte. Sollten sie in gleicher Höhe rheinabwärts fortsetzen: so würde die ehemalige Meeresküste da gewesen sein, wo diese Schichten das *Rheinbett* erreichen, wo also die Meereshöhe des *Rheines* nur noch 22 Fuſs ist.

Diese Stelle würde unterhalb der *preuſsisch-holländ-*

dischen Grenze liegen. Bis dahin würde sich mithin der ehemalige Meerbusen erstreçkt haben.

Wie dies aber auch sein mag, so viel zeigen jene Bohrversuche, dafs die Alluvionen des *Rheins* weit weniger mächtig sind, als man bisher zu vermuthen geneigt war. Da die beiden Bohrlöcher 4 Meilen von einander entfernt liegen, und so nahe übereinstimmende Resultate gegeben haben: so ist es wenig wahrscheinlich, dafs die tertiären Schichten blos isolirte Parthieen sein sollten.

Demnach erscheint das in Rede stehende *Rheinthal* vor seiner Bedeckung mit Detritus als ein Tiefland, in welches der *Rhein*, wo er das Schiefergebirge verläfst, stürzte und es mit seinem Detritus erfüllte. Bildete dieses Tiefland eine Mulde: so war es ein Süfswassersee, der seinen Abflufs in einen Meerbusen der *Nordsee* nahm. War dieses eine ebene oder geneigte Fläche, fehlte daher der Damm zur Bildung eines See's: so breitete sich der Strom auf dem flachen Lande aus. Je nachdem er durch abgelagerten Detritus bald hier, bald dort sein Bett verstopfte, veränderte er oftmals seinen Lauf, bis er endlich das ganze Tiefland damit erfüllte. Die fortschreitende Erosion seines Bettes im Schiefergebirge bewirkte das Austiefen seines Bettes in den Alluvionen und einen regelmäfsigen Lauf in denselben.

Vergleichen wir die Thäler, in denen das Gefälle der Flüsse so grofs ist, dafs die Erosion noch während langer Zeiträume fortschreiten kann und wird, mit denjenigen, in welchen die Erosion zum Stillstande, oder fast dahin gekommen ist, weil das Gefälle ihrer Flüsse nicht mehr hinreicht die groben Geschiebe fortzuführen: so ergeben sich wesentliche Verschiedenheiten.

In gleichen Stromlängen ist das Gefälle der *Rhone* bis zum *Genfersee* 31mal so grofs, als das des *Rhein* zwischen *Bingen* und *Coblenz*. Die *Rhone* nimmt auf jener Strecke gegen 80 Bäche auf. Da nur 16 Seitenthäler bewohnt sind[1]): so mufs die Mehrzahl derselben sehr enge sein; je enger aber die Thäler, desto weniger hat die Erosion Platz gegriffen. Die in diesen Thälern fliefsenden Bäche, beson-

[1]) Ebel Anleitung die *Schweiz* zu bereisen. Bd. IV. S. 45 u 228.

ders diejenigen, welche einen kurzen Lauf haben, müssen daher viele Cascaden machen. So stürzen die bedeutenden aus dem grofsen *Aletsch* und dem grofsen *Vieschgletscher* kommenden Bäche in Cascaden herab, die *Egine* macht einen beträchtlichen Fall u. s. w.

Berühmt sind die Wasserfälle der *Tosa* an der Strafse über den *Gries*, auf dem südlichen Abhange dieses Passes, wovon einer eine Höhe von 600 bis 700 Fufs erreicht, und dessen Wassermenge nach dem Rheinfall bei *Laufen* die gröfste in der *Schweiz* ist[1]).

Die Seitenthäler des *Rheins* zwischen *Bingen* und *Coblenz* sind dagegen so tief eingeschnitten, dafs ihre Flüsse und Bäche mit so geringem Gefälle in den *Rhein* sich ergiefsen, dafs sie bei hohem Wasserstande desselben weit von ihrer Mündung hinauf gestaucht werden.

Selbst die Thäler, welche von den kleinsten dieser Bäche erodirt wurden, haben in der Nähe des *Rheinthales* eine sehr geringe Neigung, welche erst merklich wird, wenn man sich dem Ursprunge ihrer Bäche nähert. Wasserfälle von nur einigen Fufs Höhe gehören zu den Seltenheiten.

Das Rheinische Schiefergebirge ist das älteste unter den Versteinerungen führenden Formationen; die Alpen gehören zu den jüngeren secundären Bildungen; der Lauf der Gewässer hat also in ersterem ein bei weitem höheres Alter, als in letzteren. Da mit der Erhebung des Landes über das Meer der Wasserlauf und folglich auch die Erosion beginnen: so hatte die des *Rheinthales* mit seinen Seitenthälern vielleicht ihr Ende erreicht oder war diesem doch sehr nahe, als das *Alpengebirge* über das Meer sich erhob, und die Erosion in ihm begann.

Dafs die Tiefe des *Rheines*, so weit er im Detritusbette fliefst, nicht gröfser werden kann, als sie jetzt ist, kann nicht bezweifelt werden; das Austiefen dieses Bettes durch Baggern, welches der Schifffahrt wegen von Zeit zu Zeit vorgenommen werden mufs, zeigt vielmehr, dafs die Tiefe abnimmt. Würde nicht auf diesem künstlichen Wege der Anhäufung des Detritus (der Versandung) vorgebeugt wer-

---

[1]) Ebel a. a. O. II. S. 412 u. III. S. 308.

den: so würde die Ablagerung desselben rückwärts gehen, und auch das Felsenbett damit erfüllt werden. Je mehr sich nämlich das Detritusbett erhöht, desto weniger vermag der Strom, die groben Theile des Detritus über diesen Damm fortzuschieben. Wenn z. B. dieser Damm unterhalb *Königswinter* nicht durch Baggern entfernt würde: so würde er sich rheinaufwärts verlängern und das bei diesem Orte beginnende Felsenbett bedecken. Diese Bedeckung würde sich nach und nach immer weiter ausdehnen und das Felsenbett ein Detritusbett werden. Die Erosion des Bettes würde daher zum völligen Stillstande kommen. Ob das künstliche Austiefen des Detritusbettes hinreicht, das zu verhindern, läfst sich nicht ermessen.

Hohe Wasserfluthen wirken der Versandung der Flufsbette entgegen. Sie strömen über die Detritus-Dämme und die gesteigerte Stromgeschwindigkeit führt die obern Schichten desselben fort. Je niedriger die Ufer sind und je mehr der über sie getretene Strom sich ausbreiten kann, desto mehr wird das flache Uferland mit Detritus überschüttet und einer abermaligen Versandung des Bettes stromabwärts vorgebeugt. Hohe Wasserfluthen sind daher, so nachtheilig sie auch sonst auf das Uferland wirken, nothwendige Begebenheiten für den Haushalt der Natur.

Die Rheingeschiebe, welche wir bis 800 F. hoch über dem jetzigen Rheinspiegel finden, beweisen, dafs diese Stellen alte verlassene Rheinbette sind, dafs seit ihrer Ablagerung das Rheinbett ebenso tief erodirt worden ist, als sie jetzt über demselben liegen, und dafs während dieser Zeit das Gebirge gehoben worden ist. Sie beweisen aber nicht, dafs der *Rhein* einst in solchen Höhen geflossen ist; denn nichts nöthigt zur Annahme, dafs sein Bett im aufgeschwemmten Lande jemals die gröfsten Höhen in demselben überschritten hat.

Wir verdanken Simony [1]) vortreffliche Mittheilungen in Beziehung auf die Erosions-Erscheinungen im Gebiete der *Etsch*. Seine Abhandlung liefert reiches Material für dieses Kapitel. Im Nachstehenden haben wir es benutzt,

[1]) Ueber die Diluvialgebilde des *Etschthales* in den Sitzungsberichten der k. k. Akad. der Wissensch. Naturw. Classe VIII.

und daraus allgemeine Schlüsse gezogen. Vorher aber einige allgemeine Bemerkungen.

In den Alluvionen der Flüsse findet man so häufig, ja man kann sagen gewöhnlich horizontale Lager vom gröbsten Detritus. Man könnte leicht verführt werden anzunehmen, dafs der Strom in gewissen Zeiten nur solche grofse Massen fortgeführt habe, in andern nur kleine. So ist es aber nicht. Aller Detritus, der nicht vom Wasser getragen werden kann, wird auf dem Bette des Stroms blos fortgeschoben; die gröfsten Blöcke nur bei sehr hohem Wasserstande. Fällt dieser so kommen solche Blöcke zur Ruhe. Bleiben sie auf feinerem Detritus eingegraben liegen und hört die Zuführung durch die Nebenflüsse auf: so wird der durch die vorhergegangene Fluth angehäufte feinere Detritus durch den in seine Ufer zurückgedrängten Strom fortgeführt: die grofsen Geschiebe verlieren ihre Unterlage und sinken nieder. Durch die nächste Fluth führen die Nebenflüsse neuen Detritus auf das Detritusbett des Stroms: jene grofsen Blöcke werden wieder eingegraben und sinken nach der Rückkehr des normalen Wasserlaufes abermals nieder. Durch einen solchen oft wiederholten Wechsel zwischen hohen und niedern Wasserständen bilden sich mächtige horizontale Lager vom gröbsten Detritus, wie wir sie in den Alluvionen der Ströme finden. So fand Simony in den ältern Ablagerungen der *Etsch* bei *Glurns* und zwischen den Seen solche Lager grofser Geschiebe parallel mit dem Flufsbette.

Auf der ganzen 28 Meilen langen Strecke, vom *Rechensee* bis zur *Veroneser Klause* findet sich nirgends anstehendes Gestein, sondern nur mächtige Ablagerungen von Detritus.

Simony beschreibt drei Schuttkegel im obern *Etschthale*, wovon einer bei *Schlanders* sich aus der nördlich gelegenen Schlucht des *Gadriabaches* quer durch die ganze Breite des *Etschthales* erstreckt. Der Fufs desselben nimmt über $^3/_4$ Meilen der Länge des letztern ein; die Erhebung seines Scheitels über der Ebene beträgt 1000 Fufs. Auch diese mächtigen Detritusmassen hält Simony für Anschwemmungen der Seitenbäche.

Derselbe führt eine merkwürdige Erscheinung an,

welche in völliger Uebereinstimmung mit dem vorhergehenden ist. In dem Bette eines Armes des oben erwähnten Wildbaches bei *Glurns* fand er nach einer grofsen Wasserfluth zwei Bäume, deren Rinde bis zu einer Höhe von 10 bis 12 Fufs abgenagt, und deren Zweige abgeknickt oder abgerissen waren. In den Astwinkeln lagen überall gröfsere oder kleinere Geschiebe auf einem Baume, 9 Fufs über dem Bach ein Steinblock von ungefähr 8 Ctr. Gewicht fest zwischen den Hauptästen eingekeilt. Unzweifelhaft ist es, dafs diese Bäume in den durch die Fluth herabgeführten Detritus eingegraben wurden. Nach der Fluth furchte der Bach ein neues Bett in der Umgebung der Bäume aus, die feinern Theile des Detritus wurden wieder fortgeführt, die gröbern und jener Block blieben eingeklemmt zurück.

Wenn die Nebenflüsse und Bäche eines Stroms mehr Detritus zuführen, als dieser fortführen kann: so mufs das Detritusbett des letztern sich erhöhen. Je gröfser das Gefälle dieser Zuflüsse, je zerstörbarer das Gebirgsgestein ist, auf welchem sie fliefsen, je geringer dagegen das Gefälle des Stroms ist, desto gröfser ist die Menge des auf dem Bette des letztern sich absetzenden Detritus, namentlich der groben Theile.

Kleine Bäche und selbst blofse Rinnsäle, in denen nur zur nassen Jahreszeit Gewässer fliefsen, führen, wenn auf sie Wolkenbrüche niedergehn, oft bei weitem gröfsere Massen Detritus fort, als grofse Bäche. In jenen häuft sich der von den Gehängen herabstürzende Detritus, welcher schwachen Wasseradern widersteht, an. Gehen aber ungewöhnliche Wassermassen plötzlich nieder: so werden auf einmal die aufgehäuften Massen fortgeführt. Je länger die Zeiträume sind, innerhalb welchen solche Rinnsäle von Wolkenbrüchen verschont bleiben, desto mehr häuft sich in ihnen der Detritus an, und desto gröfser sind die Massen, welche auf einmal durch ungewöhnliche Fluthen in Bewegung gesetzt werden.

So bemerkt Simony, dafs Rinnsäle von unbedeutender Längenausdehnung und ganz geringer Wassermenge im *Etschthale* bisweilen so anschwellen und so ungeheure Massen Detritus mit sich führen, dafs sie der Schrecken und das Verderben ihrer Anwohner werden.

In dem Bette gröfserer Bäche findet dagegen eine permanente Fortführung des Detritus statt, und wenn auch die Klarheit ihres Wassers zur trocknen Jahreszeit zeigt, dafs dann diese Wirkung bis auf ein Minimum herabgesunken ist: so macht andererseits seine Trübung nach einem nur etwas anhaltenden Regen die Bewegung des Detritus wieder sichtbar.

Dafs solche Verhältnisse in den Alpen im grofsartigsten Maafsstabe hervortreten müssen, ist klar. Kaum möchte aber irgend ein anderes Thal so eclatante Beispiele zeigen, wie das *Etschthal.*

Von diesem Hauptthale zweigen sich in seinem obern Theile neun Nebenthäler von $^3/_4$ bis $4^1/_2$ österreichische Meilen Länge ab. Vier davon, welche auf der linken Seite münden, nehmen ihren Ursprung im Hauptkamme des *Oetzthaler* Stockes. Von den rechtseitigen gehören drei dem Gebirge zwischen *Tyrol* und *Engadin,* zwei dem *Ortless*-Stocke an. Nur bei einem der Thäler bleiben die angrenzenden *Alpengipfel* unter 9000 Fufs, in zwei andern schwanken sie zwischen 9000 und 10000 Fufs. Die höchsten Spitzen des *Passeyrgebirges* erreichen 11000 Fufs. Die übrigen fünf Thäler werden von 11500 bis 12558 Fufs hohen Firnzinnen gekrönt. Nach Simony beträgt die mittlere Neigung dieser Thäler 2,6° bis 7,7°, während das mittlere Gefälle der obern *Etsch* noch nicht einen Grad erreicht.

Noch viel bedeutender ist das Gefälle jener Nebenthäler, welche ihren Ursprung in den dem Gebiete schon vollständig angehörenden oder gar das Hauptthal unmittelbar begrenzenden Gebirgsgliedern haben. Drei der erstern befinden sich auf der linken Seite. Das Gefälle steigt von 7,5 bis 14° und auf der rechten Seite auf $13^1/_2$°.

Bei den letztern Seitenthälern nähert sich das Gefälle schon dem mittlern Neigungswinkel der Gebirgsabhänge, indem ihre Anfangspunkte nicht mehr in den tiefsten Einschnitten der Kämme, sondern in den Gipfeln oder in deren Nähe liegen.

Die Erklärung dieser Verhältnisse glaube ich darin suchen zu müssen, dafs Gewässer, welche über eine senkrechte Felswand herabstürzen, nicht mehr auf diese erodirend wirken können, da der parabolische Bogen des

Wasserfalls den mit sich geführten Detritus von der Wand ablenkt. Je mehr sich daher der Gebirgsabhang der senkrechten Linie nähert, desto weniger kann die Erosion Platz greifen. Sonach ist es begreiflich, dafs unter solchen Verhältnissen die Neigung der Seitenthäler sich der der Gebirgsabhänge nähert. Erfolgen Ablösungen von Felsmassen im Wasserlaufe, welche oben mehr als unten eingreifen, so dafs die Neigung des Wasserlaufes sich mindert: so nimmt die erodirende Wirkung zu, und es entstehn Einschnitte, welche selbstredend immer tiefer werden müssen.

Im obern *Etschthal* ist die mittlere Neigung der Gebirgsabhänge sehr bedeutend. Nur an wenigen Stellen fällt sie unter 17°. Gewöhnlich schwankt sie zwischen 20° und 24°, erreicht aber an einigen Stellen 27°—31°. Die thalaufwärts abnehmende relative Erhebung der Kämme ist im Mittel 4000 Fufs bei 5600 Fufs. Einzelne Gipfel überragen die Thalsohle an ihrem Fufse um 6000 bis 8000 Fufs.

In diesem Thale ist der Glimmerschiefer die bei weitem vorherrschende Gebirgsart. Der Zusammenhang zwischen seinen Gemengtheilen ist sehr gering, die schiefrige Beschaffenheit erleichtert das Ablösen der Schichten und das Eindringen der Gewässer. Er ist daher der mechanischen Zerstörbarkeit im hohen Grade unterworfen und liefert defshalb reiches Material zur Detritusbildung. Seine völlige mechanische Zerstörung gibt Quarzsand und Glimmerblättchen, welche letztere vom Wasser am weitesten fortgetragen werden. Unzweifelhaft wird man daher im Oberlaufe der Nebenflüsse und der *Etsch* einen glimmerarmen, im Unterlaufe einen glimmerreichen Sand finden [1]).

Die chemische Zerstörbarkeit trägt nichts dazu bei; denn Quarz und Glimmer gehören zu denjenigen Substanzen, welche den chemischen Wirkungen am meisten widerstehn.

Die Steilheit der Bergabhänge im obern *Etschthale*, die leichte mechanische Zerstörbarkeit des vorherrschenden Glimmerschiefers sind also wesentliche Momente nicht blos zu einer ungewöhnlichen Bildung von Detritus sondern auch zu seiner schnellen Fortführung durch die Gewässer. Eine längere oder kürzere Zeit verfliefst, während

---

[1]) Simony erwähnt nichts davon.

welcher der Detritus an der Stelle seiner ersten Ablagerung liegen bleibt oder doch nur wenig fortschreitet. Bilden sich aber in Folge mächtiger Lavinenstürze oder starker Hagelfälle u. s. w. Abdämmungen in den Rinnsälen der Wildbäche, treten grofse Wasserfluthen ein: so werden diese Abdämmungen plötzlich fortgeführt.

Im Frühjahre kommt der Schnee in den gegen Süden fallenden Abhängen der Alpen zum schnelleren Schmelzen als in den gegen Norden gekehrten, weil jene der directen Wirkung des warmen Sirocco ausgesetzt sind. Der Wasserdampf in diesem Winde wird durch den Schnee schnell condensirt: es entstehen heftige Regengüsse. Daher schwellen die nach Süden fliefsenden Wildbäche schneller an und führen mehr Detritus fort als die nach Norden fliefsenden. Der noch nicht geschmolzene Schnee wird durch die angeschwollenen Wildbäche herabgeführt: Aufstauchungen entstehen und als Folge davon Durchbrüche, wodurch die Fortführung von Detritus noch gesteigert wird.

In dem von solchen Ereignissen so oft heimgesuchten *Vintschgau* hatte Simony Gelegenheit, die Wirkungen der aufserordentlichen Wasserfluth im Jahre 1825 wahrzunehmen. Der vorhergegangene Winter hatte ungewöhnliche Schneemassen geliefert. Im Monat Juni waren heftige mit anhaltendem Regen verknüpfte Gewitter, die Temperatur in den höhern Schichten der Atmosphäre wurde durch Föhnwinde über das normale Mittel gesteigert. Die Thauwärme reichte bis zu den höchsten Regionen der Alpen. Auf dem 7900 Fufs hohen *Stilfser Joch* war die Temperatur vom 27. Mai bis 17. Juni über 0^0 und stieg häufig bis auf 7 bis 8^0 R. Die Menge der Niederschläge in 20 Tagen betrug $^1/_6$ von der mittlern Jahresmenge. Daher kamen also jene aufgehäuften Schneemassen zum schnellen Schmelzen. Von allen Gehängen rauschten die Wasser nieder und setzten Lavinen und angehäuften Detritus in Bewegung. In den Hochschluchten häuften sich diese Massen, bis die immer mehr anschwellenden Wildbäche diese Dämme wieder durchbrachen und in reifsenden Strömen den Thälern zuführten, wo sie nach dem wechselnden Gefälle bald die Ufer zerstörten, bald den Schutt ablagerten. Schon in den ersten Tagen des Juni begannen die Ueberschwemmungen

nicht blos im *Etschthale*, sondern auch im *Inn-* und *Drauthale* und hielten bis zur zweiten Hälfte des Monats an.

Der Schauplatz der gröfsten Verheerungen aber war das obere *Vintschgau.* Drei an der *Etsch* gelegene Dörfer wurden mehr als zur Hälfte zerstört und das Städtchen *Glurns* dem Untergange nahe gebracht.

Vom 13. bis 17. Juni, wo die Gewässer in allen Thälern ihren höchsten Stand erreicht hatten, schwoll der *Mitter* und *Grauner See* durch den *Langtauferer* Bach so an, dafs sein Damm am Abflusse plötzlich durchbrochen wurde, und der Wasserüberschufs in den $1/8$ Meile tiefer gelegenen *Heidersee* mit solcher Schnelligkeit stürzte, dafs auch der Damm am Ausflusse der *Etsch* nicht widerstehn konnte.

Die Wirkungen der Erosion auf der ersten Strecke von etwa 500 Klafter waren verhältnifsmäfsig unbedeutend, aber je mehr abwärts desto mehr gewannen sie an Ausdehnung.

Der Strom hatte in kurzer Zeit $1/8$ Meile oberhalb *Burgeis* sein Bett bis zu doppelter Breite ausgewühlt. Mit der wachsenden Menge des fortgerissenen Materials nahm die Zerstörung zu. Im Dorfe *Burgeis* stürzte ein Haus nach dem andern und verschwand spurlos in den Fluthen.

Der $1/4$ Meile tiefer bei *Schleis* fast rechtwinklig in die *Etsch* fliefsende *Schlinigbach* hatte den ganzen Schutt seines untern Rinnsales aufgewühlt; durch die Fluthen der *Etsch* aber zurückgedrängt, setzte sich der Detritus bis zum Dachgiebel mehrerer Häuser ab. Von den 46 Häusern dieses Dorfes wurden $2/3$ fortgeführt, oder in den Schutt begraben. Eben so viel Häuser hatten dasselbe Schicksal in dem $1/4$ Meile tiefer gelegenen *Laatsch*.

Vom obengenannten *Heidersee* bis unterhalb dieses Dorfes ist das Gefälle[1]) der *Etsch* $\frac{1}{135}$; von da an vermindert es sich aber auf einer Strecke von $1/4$ Meile auf $\frac{1}{39}$, und unterhalb des Städtchens *Glurns* ist es nur noch $\frac{1}{395}$. Hier auf dieser Verflachung des Bettes kam daher die bis dahin geführte ungeheure Menge Detritus, wenigstens die

[1]) In Beziehung auf den ganzen Lauf der *Etsch* von ihrem Ursprung bis zur Mündung in das Meer verweisen wir auf den Schlufs dieses Abschnittes A.

gröbern Theile zum Absatze. Dieser Absatz würde das Städtchen verschüttet haben, wenn nicht die *Etsch* durch ihren Detritus, durch ausgerissene Bäume, Sparrwerk von ausgerissenen Häusern und Brücken einen Damm gebildet hätte, der eine Schutzwehr für das Städtchen wurde, und den Strom zwang seitwärts auszubiegen.

Der oberhalb *Glurns* auf der rechten Seite sich mündende *Rambach* steigerte noch bedeutend die Wassermenge; er drängte die *Etsch* gegen die Stadtmauer des Städtchens, wo der Strom sich ein neues Bett suchte. Dieser Ort ist jetzt von einer Detritus-Wüste eingeschlossen. In einer Länge von 18,000 Fufs oberhalb *Glurns* wurde das 60 bis 120 Fufs breite *Etschthal* bis zu 120—240 Fufs erweitert. Die Einrisse in das aus älterem Detritus bestehende Ufer erreichten stellenweise eine Höhe von 18—24 Fufs und auch das Bett des Stroms wurde in bedeutenden Strecken aufgewühlt. Die Annahme, dafs 10 bis 11 Millionen Kubikfufs Detritus durch diese Fluth fortgeführt wurden, dürfte nicht zu hoch sein.

Dem ungewöhnlichen Detritustransport durch die *Etsch* entspricht die bedeutende Meereshöhe derselben in ihrem Unterlaufe: sie ist an der Mündung des *Comerseethales* 495 Fufs. Die Meereshöhe des *Gardasees* in dem $1^1/_4$ M. entfernten mit dem *Etschthale* parallel laufenden *Sarcathale* ist nur 215 Fufs, die Tiefe dieses See's ist 1100 Fufs[1]). Der Seeboden liegt daher 885 Fufs unter dem Meeresspiegel, und die *Etsch* an jener Stelle 885 + 495 = 1380 Fufs über diesem Seeboden. Ist dieser der ehemalige Meeresboden, zur Zeit als das dortige Tiefland noch vom Meere bedeckt war: so mufs die damalige Meerestiefe noch mehr als 885 Fufs betragen haben, denn durch Detritus-zuführung hatte sich dieser Boden erhöht. Lag der ehemalige Meeresboden unter der benachbarten *Etsch* in gleichem Niveau mit dem unter dem *Gardasee:* so würde jene Differenz von 1380 Fufs auch die Differenz zwischen den Detritusabsätzen der *Etsch* und der *Sarca* sein. Die

---

[1]) Die Tiefe dieses und der folgenden Seen nach den Angaben von Simony (a. a. O.), der die frühern übertriebenen Zahlen nach guten Gründen sehr ermäfsigt hat.

Detritusablagerung unter der *Etsch* würde dann mindestens 1300 Fuſs betragen.

Simony ermittelte die Fluſs- und Alluvial-Gebiete nachstehender Flüsse. Die Seen zählt er mit Recht zum Fluſsgebiete: denn sie sind ja nur Erweiterungen und Vertiefungen der Fluſsbette. Vergleicht man jedoch das Erosionsgebiet mit dem Alluvialgebiet: so müssen sie zu letzterem gerechnet werden: denn die groben Theile des Detritus, welche die Flüsse den Seen zuführen, werden nicht mehr fortgeführt, sondern häufen sich nach langen Zeiten so an, daſs sie das ganze Seebecken erfüllen.

In folgender Zusammenstellung wurde demnach das Areal der Seen von dem des Fluſsgebiets subtrahirt und zu dem des Alluvial-Gebietes addirt:

	Erosionsgebiet.	Alluvialgebiet.
der Etsch bis zur Clause . . .	202 □M	6,5 □M
der Sarca bis zum Gardasee . .	27,5 „	7,15 „
des Oglio „ „ Isersee . . .	38,95 „	2,15 „
der Adda „ „ Comersee . .	80,3 „	5,1 „
des Ticino „ „ Langensee . .	80,5 „	5,7 „

Das Areal des Gardasee's ist . . . . 6,5 □M.
„ „ „ Isersee's „ . . . . . 1,05 „
„ „ „ Comersee's „ . . . . . 2,7 „
„ „ „ Langensee's „ . . . . . 3,5 „

Aus diesen Ermittlungen ergeben sich folgende Verhältnisse:

	Quotienten aus dem Alluvialgebiet in das Erosionsgebiet.	Quotienten aus dem Areal der Seen in das Erosionsgebiet
der Etsch	31,1	—
der Sarca	3,8	4,2
des Oglio	18,1	37.1
der Adda	15,7	29,7
des Ticino	14,1	23

Wird vom Erosionsgebiet der *Etsch* in einer gewissen Zeit nur 1 Zoll abgenagt: so liefert dies dem Alluvialgebiete eine 31 Zoll hohe Detritusschicht. Daher die bedeutende fortschreitende Erhöhung des Bettes dieses Stroms. Eine Abnehmung von 1 Zoll im Erosionsgebiet der *Sarca* erhöht dagegen das Alluvialgebiet derselben nur um 3,8 Zoll. Dazu kommt, daſs dieses Erosionsgebiet gröſstentheils

aus Kalk besteht, der bei weitem weniger erodirbar ist, als der Glimmerschiefer im obern *Etschthale*. Der Detritus, welcher dem *Gardasee* zugeführt wird, ist daher ein sehr kleiner Bruchtheil von dem, welcher sich im Alluvialgebiete der *Etsch* absetzt. Daher die bedeutende Differenz von 1380 Fufs zwischen dem Detritusbette dieses Stroms und dem des *Gardasee's*.

Dafs sich das Bett eines Stroms, der so bedeutende Quantitäten Detritus bei Wasserfluthen mit sich führt, wie die *Etsch*, da, wo sein Gefälle gering ist, nach und nach erhöhen mufs, ist klar. Oberhalb solcher Ablagerungen nimmt also das Gefälle ab, unterhalb zu und dadurch steigern sich diese Ablagerungen; während der Detritus unterhalb derselben um so mehr fortgeführt wird. Ein solcher Strom ist den gröfsten Veränderungen in seinem Laufe und in seinem Gefälle an verschiedenen Stellen ausgesetzt. Streffleur führt an, dafs sich das Bett der *Etsch* bei *St. Michele* seit 50 Jahren um 4½ Fufs erhöht hat. Er nennt mehrere Kirchen und öffentliche Gebäude in Dörfern *Tyrols*, deren Fufs tiefer, als das Bett des benachbarten Baches oder Flusses liegt. Nicht anzunehmen ist, dafs die vormaligen Baumeister ihre Bauten so ungeschickt ausgeführt haben sollten; sondern sie sind offenkundige Zeugen der Erhöhung des Flufsbettes. Als ein Beispiel führt er unter andern den *Lahnbach* bei *Schwaz* an. Mir selbst fiel es sehr auf, dafs man von der dortigen Hauptkirche ungefähr 30 Fufs ansteigen mufs, um zur Brücke, die über diesen Bach, der voll vom gröbsten Detritus ist, führt, zu gelangen.

Ist ein See, durch welchen ein Flufs fliefst, von hohen Ufern eingeschlossen: so gelangen nicht blos die gröbern Theile, die dieser zuführt, sondern auch diejenigen, welche die direct in ihn sich ergiefsenden Wildbäche und Wasserfluthen herabführen, auf den Seeboden. In diesem Falle ist dieser Boden das ausschliefsliche Alluvialgebiet. Ist dies so beim *Isersee*: so führt eine Abnagung um 1 Zoll im Erosionsgebiete des *Oglio* eine Erhöhung des Seebodens um 37 Zoll herbei.

Je kleiner die Quotienten des Areal der Seen in das Erosionsgebiet sind, desto gröfser ist unter übrigens glei-

chen Umständen ihre Tiefe, denn desto weniger wird ihnen Detritus zugeführt. In nachstehender Zusammenstellung zeigt sich dieses Verhältnifs sehr auffallend zwischen dem *Garda* und *Isersee.*

	Quotient.	Tiefe.	Meereshöhe.	Seeboden unter dem Meere.
Gardasee . . .	4.2	1100	215	885
Langensee . .	33	600	366	234
Comersee . . .	29,7	700	672	28
				über dem Meere.
Isersee . . .	37,1	400	606	206

Lauf der Etsch.

	Meereshöhe.	Entfernung nach dem Stromlaufe.	Gefälle pro Meile.
Reschenscheideck . . .	4750 Fufs		
Unteres Ende d. Reschensee's	4663 „	0,4 Meilen	207,5 Fufs
Mittersee	4642 „	0,4 „	52,5 „
Heidersee	4556 „	0,4 „	215,0 „
Brücke von Glurns . . .	2866 „	1,25 „	1352,0 „
„ „ Laas . . .	2721 „	1,75 „	82,8 „
„ „ Schlanders .	2224 „	0,9 „	552,2 „
„ „ Laatsch . .	2074 „	0,85 „	174,1 „
„ „ Kastelbell . .	1883 „	0,35 „	546,0 „
„ „ Staben . . .	1768 „	0,75 „	153,3 „
„ „ Naturns . . .	1670 „	0,23 „	435,5 „
„ „ Töll	1576 „	1,05 „	81,0 „
Passermündung	921 „	0,68 „	450,3 „
Lenomündung [1])	523,8 „	14,9 „	26,7 „
St. Marco	486,1 „	0,7 „	55,4 „
Veroneser Klause	289,2 „	5,4 „	36,5 „
Verona	157,0 „	4,2 „	31,5 „
Zevio	95,0 „	2,51 „	24,7 „
Badia	87,6 „	7,3 „	7,86 „
Cevarzere	4.5 „	7,4 „	4,5 „
Tornova	1,6 „	1,5 „	1,9 „
Mündung	0 „	1,78 „	0,9 „

[1]) Zwischen der *Lenomündung* und dem Dorfe *St. Marco* liegt jener berühmte Bergsturz, bekannt unter dem Namen *Slavinidi St. Marco,* welcher das *Etschthal* nach seiner ganzen Breite von 1000 Klafter und nach einer Flächenausdehnung von 820000 Quadratklafter bedeckt. Nach vorliegenden historischen Notizen soll dieser Sturz 883 stattgefunden und das Bett der *Etsch* unterhalb eine Zeit lang trokken gewesen sein (Simony a. a. O. S. 481).

C. Erosion durch die Gletscher.

Die Gletscher sind Ausfüllungen der hochgelegenen *Alpen-Thäler* mit Eis. Durch Erhebung der *Alpen* ist der obere Theil derselben über die Schneegrenze gekommen. Ehe noch die höchsten Kuppen des *Alpengebirges* die Schneegrenze überschritten hatten, furchten schon die Meteorwasser den Boden aus, und um so mehr, je langsamer die Hebung von Statten gegangen war. Wenn es auch selbst auf dem *Mont-Blanc* zur warmen Jahreszeit noch manchmal regnet: so geht doch bei weitem der gröfste Theil der auf die *Hochalpen* fallenden Meteorwasser als Schnee nieder. Häuft er sich so an, dafs die schiefen Abhänge ihn nicht mehr zu tragen vermögen: so stürzt er herab und bildet die Schneelavinen.

So wie bei einstiger Erhebung das Gebirge nur eben die Schneegrenze überschritten hatte, so entstand schon der ewige Schnee. Die Lavinen brauchten aber nur wenig herabzurutschen um unter die Schneegrenze, mithin während der warmen Jahreszeit, zum Schmelzen zu kommen.

Die Erhebung fuhr fort, die Oberfläche des über die Schneegrenze kommenden Gebirges nahm zu und damit auch die Bedeckung mit ewigem Schnee. Die schon entstandenen kamen über die Schneegrenze und wurden mit ewigem Schnee erfüllt. Unterhalb dieser Grenze nahm aber die Thalbildung von oben nach unten fortschreitend zu. Als die Hebung ihr Ende erreicht hatte, wurde die Lage des über und unter der Schneegrenze befindlichen Landes stationär.

Nach Hugi [1]) reicht in den *Alpen* das obere Ende der Gletscher nicht über 7600 Fufs hinauf. In dieser Höhe geht das Gletschereis schnell in Firn, in eine körnige lockere Schneemasse über. Nehmen wir beispielsweise diese Höhe für diejenige des *Hochlandes* an, in welches die Gletscherthäler eingeschnitten wurden.

In 7600 Fufs Meereshöhe ist die mittlere Boden-Temp. ungefähr — 2° R. [2]); ein Schmelzen des auf dieses *Hochland* gefallenen und aus der Firnregion herabgerutschten

[1]) Meine Wärmelehre des Innern unseres Erdkörpers S. 106.
[2]) A. a. O.

Schnee's konnte daher an seiner untern Fläche nicht, sondern blos auf seiner Oberfläche durch die Sonnenwärme stattfinden. Das durchfiltrirende Schneewasser wandelte den lockeren Schnee theils in Gletschereis um, theils gelangte es auf die Unterlage und flofs auf derselben ab. Die ausfurchende Wirkung dieser Gewässer konnte nur höchst unbedeutend sein. Da aber zur warmen Jahreszeit das Gletschereis durch das nachdringende Firneis fortgeschoben wurde, da die von den *Hochalpen* herabstürzenden Lavinen abgerissene Felsstücke mit sich führten, wie dies noch in der Jetztzeit geschieht: so wurde eine mechanische Kraft geschaffen, welche im höchsten Grade ausfurchend wirkte.

Sollen polirte Felsen als Zeugen für eine frühere gröfsere Ausdehnung der Gletscher gelten, so müssen sie auf den höchsten Punkten der Bergabhänge, welche sie einschliefsen, ebenso wie im Niveau der jetzigen Gletscher gefunden werden; denn das ist unbestreitbar, dafs ebenso wie die Flüsse, so auch die Gletscher ihr Bett nach und nach erodirt haben. Ob man sie an solchen, meist unzugänglichen Punkten beobachtet hat, weifs ich nicht.

Das Gletschereis kann den Feldspath und Quarz im Granit nicht schleifen oder poliren. Nur das von der Zertrümmerung des Gesteins herrührende zwischen Eis und Gestein kommende Quarzpulver kann dies bewirken. Dieses Pulver ist es aber auch, welches in angeschwollenen Flüssen schwebend, die felsigen Ufer abschleift und polirt. Hier findet diese Wirkung nur dann statt, wenn die Wasser trübe sind: die Gewässer sind jedoch, ehe sie sich in Seen klären, immer trübe, und ihre Wirkung eine dauernde. Da es in den Flufswassern nur die feinsten schwebenden Theile sind, welche schleifen und poliren, während zwischen Eis und Felsen die gröbsten wie die feinsten Theile wirken: so erklärt sich hieraus das von den Beobachtern angegebene Kennzeichen, dafs die durch Gletscher polirten Felsen stets gestreift sind.

Das Herabrutschen der Gletscher auf ihrer geneigten Unterlage nennen wir die Gletscherbewegung. Ihr wirkt entgegen das Abschmelzen der Gletscher an ihrem untern Ende. Werden sie dadurch ebensoviel verkürzt,

als durch die Bewegung verlängert, so bleibt dieses Ende stationär. Der Gletscher rückt vor, wenn die Verlängerung mehr beträgt als die Verkürzung; er zieht sich zurück, wenn umgekehrt diese mehr als jene beträgt.

Die auf die Gletscher gelangenden Gesteine sinken zur Sommerzeit in das umgebende Eis und bleiben in einer gewissen Tiefe stecken. In Folge des Abschmelzens der Gletscher auf ihrer Oberfläche und ihres gleichzeitigen Vorrückens kommen diese Gesteine später wieder zu Tage. Sie sinken abermals ein und legen so einen treppenförmigen Weg zurück, bis sie endlich vom Abhange des untern Endes der Gletscher herabstürzen. Kommen sie aber in die Nähe der Schründe, in welche die zusammenlaufenden Eiswasser stürzen, so gelangen sie mit diesen auf das Bett der Gletscher und unter das Eis. Unter dem ungeheuren Drucke der oft hunderte von Fufsen hohen, auf diesen Gesteinen lastenden Eismassen wird beim Vorrücken der Gletscher die Unterlage in solchem Grade ausgefurcht, dafs damit die Erosion der Flufsbette durch noch so schnell fortgerollte Geschiebe gar nicht zu vergleichen ist. Ein Quarzblock, der vom Gletscher fortgeschoben wird, mag eine Unterlage von Thon oder Talkschiefer 1 Zoll und mehr tief ausfurchen. Wie der Seitendruck der Gletscher wirkt, das ist dem Auge sichtbar, wenn sie beim Vorrücken vorspringende Felsen von den Wänden absprengen und die zwischen diesen und dem Eise kommenden Trümmer zermalmen, oder wenn von den an die Felswände gedrängten Gufferlinien Gesteine in diese Zwischenräume fallen. Die feinsten Theile der zermalmten Steine werden von den unter den Gletschern fliefsenden Bächen fortgeführt. Da diese Gletscherbäche, welche, wenn sie aus weit ausgedehnten Gletschern kommen, so bedeutend sind, dafs sie den Namen Gletscherflüsse verdienen, meist ein starkes Gefälle haben: so bleiben die trüben Theile viele Meilen weit suspendirt und kommen erst in den Seen, in welche sie sich meist ergiefsen, zum Absatze.

Zur Zeit, wo die Gletscher auf dem wenig geneigten Hochlande sich ausbreiteten, waren die Wirkungen der Erosion schwach, und um so schwächer, je geringer diese

Neigung war. Das Abschmelzen der hoch und in einer Region gelegenen Gletscher, wo die Lufttemperatur viel niedriger als auf dem jetzigen Gletscher war, ging spärlich und nur auf der Oberfläche von Statten.

Das auf sie rutschende Firneis häufte sich an und schob sich immer weiter fort. Mochte sich das *Hochland* noch so weit fortziehen, fehlen konnte es nicht, dafs sich diese uranfänglichen Gletscher ebenso weit fortzogen, sie hatten daher eine viel gröfsere Ausdehnung, als die jetzigen Gletscher.

Die Richtung, welche die Gletscher nahmen, war ihnen vorgezeichnet durch die früher entstandenen Thalanfänge. Je mehr nun die Gletscher einschnitten, je gröfser also die Neigung ihrer Unterlage wurde, desto mehr rückten sie herab in wärmere Regionen, und desto mehr schmolzen sie ab. Sie zogen sich also zurück und fahren fort sich zurückzuziehen, so lange sie noch ihre Unterlage auszutiefen vermögen.

Unter allen Gletschern in der *Schweiz* zieht sich das untere Ende des *Untergrindelwaldgletschers* am tiefsten herab. Nach meinen barometrischen Messungen liegt es 2989 Fufs über dem Meere. Von der 7600 Fufs hohen Firngrenze hat daher die Unterlage dieses Gletschers ein Gefälle von 4611 Fufs. Die horizontale Entfernung beider Punkte von einander ist mir nicht bekannt; ich bin auf diesem Gletscher nur bis zu einer Höhe von 5129 Fufs gekommen. Jedenfalls ist aber die Neigung dieses Gletscherbettes eine sehr bedeutende, und sie kann und wird noch zunehmen.

Die *Lütschine*, welche die Gewässer der beiden *Grindelwaldgletscher* aufnimmt, fliefst bei *Interlaken* in die *Aar* und mit dieser in den *Thunersee*, welcher 1780 Fufs Meereshöhe hat. Vom untern Ende des *Untergrindelwaldgletschers* bis zu diesem See hat daher die *Lütschine* ein Gefälle von 1209 Fufs. Das untere Ende dieses Gletschers kann also seine Unterlage noch 1209 Fufs erodiren, und bis zu dieser Tiefe wird die *Lütschine* die Erosion fortsetzen. Der Detritus des bis zu dieser Tiefe erodirten *Lütschinenthals* wird durch den Flufs in den *Thunersee* geführt; während daher jenes Thal erodirt wird, erhöht

sich der Seeboden des letzteren bis endlich der See ganz verschwindet. Die mittlere Temperatur am künftigen untern Ende des genannten Gletschers steigt dann ungefähr um 2° R.

Die Neigung dieses Gletschers wird also bedeutend zunehmen, und von seinem Anfange bis zu seinem Ende kommt er in immer wärmere Zonen; sein Abschmelzen nimmt zu, und die Folge davon ist, dafs er sich zurückzieht. Seine dermalige ganz nahe am Eisgewölbe befindliche Gandecke wird in Folge der Erosion durch die *Lütschine* fortgeführt, und die Kennzeichen seiner frühern gröfsern Ausdehnung verschwinden.

Das untere Ende aller übrigen Gletscher in der *Schweiz* liegt höher als das des *Untergrindelwaldgletscher*. Daher kann das Bett dieser Gletscher noch mehr als das des letztern ausgetieft werden.

Nach meinen Messungen ist die Meereshöhe des untern Endes des grofsen *Lammerngletscher* auf der *Gemmi* ungefähr 7000 Fufs[1]). Nach Ebel ist die des *Daubengletscher* auf diesem Gebirgsrücken 6985 Fufs. Die Bäche beider Gletscher münden sich in den 1/4 Meile langen *Daubensee*, der keinen sichtbaren Abflufs hat. Sein unterirdischer Abflufs durch das zerklüftete Kalkgebirge führt die Gewässer ohne Zweifel in das *Kanderthal* und in den *Thunersee*. Dafs die zahlreichen und ergiebigen Quellen auf der *Spitalmatte* einen Theil dieses Abflusses ausmachen, glaube ich gezeigt zu haben[2]).

Ebel[3]) macht aufmerksam auf die wunderlich gewundenen Vertiefungen und platten Erhöhungen auf der Oberfläche der *Gemmi*. Er hält sie für Wirkungen der Schmelzwasser ehemaliger Gletscher, indem er gewifs ganz richtig annimmt, dafs diese Wasser, in mannichfaltigen Windungen unter den Gletschern fliefsend, die Oberfläche des Gesteins auflösen, und dafs diese kleinen Bäche ihr Bett immer mehr austieften, während das zwischenliegende Gestein sich in Platten absonderte.

Da der Gebirgsrücken aus Kalkstein besteht: so fand

---

1) A. a. O. S. 103.

2) Ebendaselbst.

3) Anleitung die *Schweiz* zu bereisen Bd. II. S. 333.

eine wirkliche Auflösung statt. Ebel[1]) beobachtete eine ähnliche Gestaltung auf der kleinen Ebene vor dem Rheingletscher, der am Fuſse des *Muschelhorns* liegt. Wenn in sehr heiſsen Sommern dieser Gletscher abschmilzt und dadurch das Gestein, worauf er liegt, zu Tage kommt, so zeigt sich dieselbe Erscheinung.

Der Fuſs des *Muschelhorns* besteht aus quarzreichem Gneiſs; wohl auch die Unterlage des Gletschers. Hier wirken daher die Gletscherwasser bei weitem mehr mechanisch als chemisch. Sie führen abgeschliffene Quarzkörner fort, welche unter der ungeheuren Last der fortrückenden Gletscher als Schleifpulver wirken, mehr auf quarzärmere, weniger auf quarzreiche Partieen des Gneiſs. Auch die *Mösa-Alp* ist mit niedrigen Erhebungen bedeckt, die Ebel[2]) mit gefrorenen Meereswogen vergleicht, und deren Entstehung derselben Ursache zuschreibt.

Eine solche Gestaltung fand ich auch auf dem Abhange des *Faulhorns*, der zum *Gieſsbach* am *Brienzesee* führt. Diese Erscheinungen sind thatsächliche Beweise für die frühere gröſsere Ausdehnung der Gletscher.

Aus der Gestaltung der Oberfläche auf der *Gemmi* schlieſst Ebel, daſs sich ehemals auf deren Nordseite groſse Gletscher bis unterhalb des *Daubensee* zogen, daſs aber nach dem Einsturze der hohen Hörner, welche zwischen den beiden *Gemmi*-Spitzen östlich und der Felsspitze des *Lammern*-Gletscher westlich gestanden hatten, die Ernährung des Gletschers aufhörte, der untere Theil ganz schmolz und die Unterlage zu Tage trat, während zu beiden Seiten von den noch stehenden Hörnern Gletscher herabhängen.

Es ist klar, daſs dieses Ereigniſs ein viel späteres ist, als das Zurückziehen der Gletscher in Folge der zunehmenden Austiefung ihres Bettes; denn da jene groſsen Hörner am südlichen Fuſse der *Gemmi* hinabgestürzt sind und die dortigen mit Rasen und Wald überzogenen Schutthaufen erzeugt haben: so setzt dies die Erosion des tiefen Thalkessels, worin *Leuck* liegt, voraus. Diese Erosion konnte aber erst beginnen, als die alten Gletscher angefangen hatten, ihr Bett auszutiefen.

---

[1]) A. a. O. Bd. IV. S. 27.

[2]) Bd. II. S. 129.

Ein Gletscher wie der *Lammern*-Gletscher trägt ganz das Gepräge der ehemaligen auf dem Hochlande ausgebreiteten Gletscher. Vor der Erosion des *Kanderthales* und seiner Seitenthäler zog sich das Hochland der *Gemmi* fort bis zur dermaligen Mündung der *Kander* in den *Thunersee.*

Nimmt man den *Niesen,* der zwischen dem Ausgange des *Simmer-* und des *Kanderthales,* nahe der Südseite des *Thunersee* liegt, und dessen Meereshöhe 7340 Fuſs ist, sowie das dem *Niesen* gegenüber liegende 6760 Fuſs hohe *Stockhorn* als Maaſsstab an, so mag sich das *Gemmi*-Hochland auf dieser langen Strecke in ziemlich gleicher Höhe fortgezogen haben. An Platz fehlte es daher nicht zu einer so groſsen Ausdehnung der ehemaligen Gletscher auf der *Gemmi.* Auch südlich von diesem Hochlande konnten sich vor der Erosion des *Leuckerthales* bis dahin, wo jetzt das *Rhonethal* eingeschnitten ist, Gletscher ziehn, welche sich mit dem ehemals hochgelegenen und weit ausgedehnten *Rhone*-Gletscher vereinigten.

So wie noch jetzt die Gletscherwasser des auf zerklüftetem Kalkgebirge gelegenen *Lammern*-Gletscher nur einen unterirdischen Abfluſs haben: so war dies auch bei den ehemaligen Gletschern auf diesem Gebirge der Fall. Es kann gedacht werden, daſs die Gletscherbäche nicht einmal einen so kurzen oberflächlichen Weg zurücklegten, wie der des *Lammern*-Gletscher bis zum *Daubensee* ist, sondern daſs sie sogleich in das sehr zerklüftete Gebirge versanken und nach langem unterirdischem Laufe am Fuſse des Hochlandes zu Tage kamen. Das untere Ende dieser ehemaligen Gletscher lag daher höher als der Ausfluſs des unterirdischen Gletscherbaches. Jenes Ende und mit ihm der ganze Gletscher sank in Folge der fortschreitenden Erosion immer tiefer ein und zog sich zurück; das Niveau dieses Ausflusses blieb aber unverändert.

Die Gesteine, welche vom Hochgebirge durch Lavinen, durch Verwitterung und durch Regen- oder Schneewasser auf die Gletscher herabgeführt werden, bilden auf diesen lang gezogene oft bis 100 Fuſs hohe Schutthaufen, die sogenannten Gufferlinien.

Durch die Bewegung der Gletscher werden sie nach

und nach bis zu ihrem untern Ende geführt, rollen auf den geneigten Gletscherwänden herab und bilden die *Gandecken.* Die kleinern Gesteine werden durch die Gletscher fortgeführt, selbst gröfsere, wenn im Frühjahre die während des Winters unter den Gletschern angesammelten Gewässer zum Durchbruche kommen [1]). Schmilzt am untern Ende der Gletscher soviel Eis ab, als durch ihre Bewegung vorgeschoben wird: so verändert sich nicht der Stand dieses Endes. Schmilzt aber während heifser Sommer mehr ab: so zieht er sich zurück. Der Abstand der Gandecke vom Gletscher gibt dann das Maafs dieses Rückzuges. Schmilzt dagegen während kalter Sommer und nach vorhergegangenem schneereichem Winter weniger Eis ab, so rücken die Gletscher vor und schieben die Gandecken vor sich her. Da nun, wie wir oben gesehn haben, die Gletscher zur Zeit, als ihre Bildung begonnen hatte, sich auf wenig geneigtem oder sogar auf ebenem Hochlande, wo ihre Bewegung nur äufserst langsam oder gar nicht von Statten gehen konnte, ausbreiteten, so häufte sich das aus der Firnregion herabrutschende Firneis immerfort an. Es entstanden schiefe Ebenen, auf welchen das nachfolgende Firneis herabgleitete, und so der Gletscher wie eine Halde sich fortwährend verlängerte. Dies setzte sich so lange fort, bis die durch den Gletscher dringenden Gewässer angefangen hatten die Unterlage auszutiefen und so den ganzen Gletscher in Bewegung zu setzen. Dies war die Periode, wo die Gletscher das Maximum ihrer Ausdehnung erreicht hatten und wo die Gandecken am weitesten vorgeschoben worden waren.

Von dieser Zeit an zogen sich die Gletscher in Folge der zunehmenden Erosion und Neigung ihres Bettes, sowie ihrer damit verknüpften schnellern Bewegung und ihres vermehrten Abschmelzens, fortwährend zurück, bis endlich der dermalige Zustand, der nur durch heifse oder kalte Sommer und durch schneearme oder schneereiche Winter geringe Oscillationen erleidet, eingetreten war.

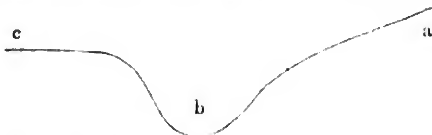
Mit dem säcularen Rückzuge der Gletscher war eine Verlängerung der Gandecken und des Laufes der Glet-

---

[1]) Ebel a. a. O. Bd. II. S. 390.

scherbäche verknüpft. Diese erodirten den Boden, auf dem jene gelagert waren: die Gandecken sanken.

Wenn die Erosion des Gletscherbettes durch die mit grofser Kraft geprefsten Gesteine schneller fortschreitet, als die der Flufsbette durch die ohne Druck fortrollenden



Geschiebe: so mufste eine Curve *a b c* entstehen, wo *a b* das Gletscherbett, *b c* das Flufsbett darstellt. Gletscherwasser füllte die Mulde *b* und flofs dann über.

In Folge des Zurückziehens der Gletscher wurde das Wasser in der Mulde durch eine neue Gandecke verdrängt, und diese mit Detritus erfüllt, in welchen das verlängerte Gletscherbachbett einschnitt.

D. Gefälle der Flüsse.

Das Gefälle der Flüsse ist der Hauptfactor der Erosion ihres Bettes. Beispielsweise führen wir das Gefälle derjenigen Flüsse an, wo es, veranlafst durch die Anlage von Eisenbahnen, mit grofser Genauigkeit ermittelt worden ist. Hier und da mufsten wir uns freilich mit frühern barometrischen Messungen begnügen. Wir beschränken uns auf Deutschlands Ströme, da uns nur von diesen die Eisenbahn-Nivellements bekannt geworden sind. Durch die dankenswerthen Bemühungen von Dechens ist das Gefälle dieser Flüsse ermittelt worden, so weit als sie ihren Lauf durch die deutschen Zollvereins-Staaten nehmen [1]).

An diese Ströme reihen wir eine allgemeine Betrachtung der Flüsse Norwegens, weil, wie wir sehen werden, die Verhältnisse dieser Flüsse ganz entgegengesetzt sind denen der deutschen Ströme.

Das Gefälle der Flüsse nimmt von ihrem Ursprunge bis zu ihrer Mündung ab, und um so gröfser sind die Differenzen zwischen den obern und den untern Theilen ihres

[1]) Statistik Deutschlands herausgeg. von Dr. v Viebahn S. 568

Laufes, je höher sie entspringen. Daher sind diese Differenzen bei den Alpenströmen am gröfsten. Das Gefälle nimmt aber selten stetig ab. Die Ursachen dieser Ungleichmäfsigkeit ergeben sich aus folgenden Betrachtungen.

Gefälle des Rhein's.

Standort.	Höhe über d. Meere. Par. Fufs.	Entfernung preufs. Meil. n. d. Stromlaufe.	Gefälle pro Meile.
Constanz	1225		
Schaffhausen . . .	1163	5	12,4
Eglisau	1010	$1\frac{1}{4}$	122,4
Basel	755	$11\frac{1}{4}$	22,7
Strafsburg	424	$17\frac{1}{2}$	18,9
Mannheim	266,5	$22\frac{3}{4}$	6,9
Mainz	239,9	$10\frac{1}{4}$	2.6
Bingen	232	4	2
Coblenz	178,1	$8\frac{1}{4}$	6,5
Bonn	133,9	$8\frac{1}{2}$	5,2
Cöln	110,3	$4\frac{1}{2}$	5,2
Düsseldorf	82.2	$7\frac{1}{2}$	3,7
Wesel	47,6	$9\frac{1}{4}$	3,7
Emmerich	31,5	$5\frac{1}{4}$	3,1
Niederländische Grenze bei Bimmen. . .	27,1	$1\frac{3}{4}$	2,5
Nordsee	0	$19\frac{1}{4}$	1,4
Rheinquelle über dem Bodensee . . .	3585	21	170,7
Thunersee üb. d Münd. der Aar in d. Rhein	860,8	25	34,4

Die beiden letztern Angaben können nur wenig Ansprüche auf Genauigkeit machen.

Die letzte Columne der Tafel zeigt, dafs der *Rhein* das gröfste Gefälle von seinem hochgelegenen Ursprunge *(Hinter-Rheingletscher)* bis zum *Bodensee* hat. Sehr verschieden ist es zwischen dem *Bodensee* und *Schaffhausen* und zwischen *Schaffhausen* und *Eglisau*, welches von dem zwischen beiden letztern Orten befindlichen 85 Fufs hohen *Rheinfall* herrührt.

Von *Basel* bis *Bingen* nimmt das Gefälle beständig ab; von da an bis *Coblenz* aber wieder bedeutend zu. Zwischen *Mainz* und *Bingen*, wo der *Rhein* im aufgeschwemmten Lande fliefst, beträgt sein Gefälle nur wenig

mehr, als von *Bimmen* bis zur *Nordsee.* Im *Rheingau* hat er auch eine ungewöhnliche Breite, die bei *Geisenheim,* oberhalb *Bingen,* bis auf 2000 Fufs steigt, und nur durch die Breite von 2544 Fufs auf der niederländischen Grenze übertroffen wird.

Die Ursache jenes geringen Gefälles zwischen *Mainz* und *Bingen* liegt in den Felsenriffen, welche sich im *Bingerloche, wilden Gefähr* und *sieben Jungfern* durch das *Rheinbett* ziehen.

Diese Riffe sind natürliche Dämme, welche das Gefälle des Stroms fixiren. So lange diese Riffe nicht merklich erodirt werden, wird das geringe Gefälle des *Rheins* im *Rheingau* constant bleiben. Die Erosion von Felsen, welche über die Oberfläche des Stroms ragen, kann aber nur bei hohem Wasserstande, wo sie überfluthet werden, mithin nur sehr langsam von Statten gehen.

Das Gefälle des *Rheins* von *Mainz* bis *Bingen* ist 7,9 Fufs. Waren daher die Riffe einst um so viel höher, als jetzt: so hatte der Strom auf dieser Strecke gar kein Gefälle, und er bildete einen See. Das Gefälle des *Rheins* von *Mannheim* bis *Bingen* ist 34,5 Fufs. Waren daher in noch frühern Zeiten jene Riffe um so viel höher: so reichte der See bis *Mannheim* und hatte eine Länge von 14¼ Meilen.

Aller Detritus, den der damalige *Rhein* mit sich führte, wurde in diesem See abgesetzt; auch noch jetzt setzen sich alle gröbern Theile in dem *Rheinbette* zwischen *Mannheim* und *Bingen* ab; daher die fortwährend zunehmende Versandung des Rheinbettes im *Rheingau,* welche bei niederm Wasserstande der Schifffahrt so nachtheilig ist.

Dafs einst die Felsenriffe unterhalb *Bingen* eine gröfsere Meereshöhe gehabt haben müssen, als jetzt, ist, sofern der oben (S. 374) erörterte Fall (dafs die Hebung des rheinischen Schiefergebirges mehr betragen habe, als die gleichzeitige Erosion) stattgefunden hat, unzweifelhaft.

Es ist daher nichts dagegen zu erinnern, dafs in einer gewissen Zeit die Felsenriffe um 34,5 Fufs höher waren als jetzt, und dafs daher damals das ganze *Rheinbett* bis *Coblenz* u. s. w. eine gröfsere Meereshöhe hatte, als jetzt. Nach vollendeter Hebung schritt die Erosion fort.

Hatte die Meereshöhe der Riffe[1]) um 26,6 Fufs abgenommen: so verschwand der See zwischen *Mannheim* und *Mainz*, war sie bis auf 34,5 Fufs herabgekommen, so verschwand auch der See zwischen *Mainz* und *Bingen*, und es war der jetzige Stand der Dinge eingetreten.

Der *Bodensee* ist in den tertiären Schichten der süddeutschen und schweizerischen Hochebenen in der *Molasse* eingesenkt. Bis gegen *Schaffhausen* ist auch der *Rhein* darin eingeschnitten, sein Fall bis *Laufen* durchbricht den obern *Jura*, und bei *Waldshut* bespült er den südlichen Fufs des *Schwarzwaldes*. Von *Basel* bis *Mainz* liegt sein Bett fast nur in Alluvionen; nur am *Kaiserstuhl* und bei *Oppenheim* berührt er anstehendes Gestein. Dies führt zur unwiderleglichen Annahme, dafs auch das ganze 40½ Meile lange *Rheinthal* von *Basel* bis *Mannheim* ein ehemaliges Seebecken gewesen sein mufs.

Wie können wir aber dies in Uebereinstimmung bringen mit dem Gefälle des *Rheins*, welches von *Basel* bis *Mannheim* 488 Fufs beträgt? Entweder müssen wir annehmen, dafs das Schiefergebirge unterhalb *Bingen* der Damm gewesen sei, welcher diesen See am untern Ende einschlofs, oder dafs der *Rhein* bei *Basel* einen 488 Fufs hohen Wasserfall gebildet habe.

Im ersten Falle hätten die Felsenriffe unterhalb *Bingen* 523 Fufs höher liegen müssen, als jetzt. Das Gefälle des über diese Riffe geflossenen *Rheins* bis *Bonn* würde dann pro Meile 37 Fufs, also etwas mehr, als das der *Aar* vom *Thunersee* bis zu ihrer Vereinigung mit dem *Rhein* ge-

---

[1]) Die Felsenriffe im Schiefergebirge sind nicht die einzigen, welche als Dämme der Seen gedient haben. Beim Sondiren des Rheinbettes für den Zweck der Erbauung einer stehenden Brücke bei *Mainz* fand man oberhalb der Mündung des *Main* in mäfsiger Tiefe einen Riff von tertiärem Kalkstein, der den Strom durchsetzte und auf dem linken Ufer ansteht. Ehe dieser Felsenriff bis zu seiner dermaligen Höhe erodirt worden war, als er noch den jetzigen Rheinspiegel überragt hatte, bildete er einen Damm, der den Strom aufstauchte und die Bildung eines See's möglich machte. Sollte dieser Riff einst 26,6 F. über dem jetzigen Rheinspiegel gelegen haben: so würde sich dieser See bis nach *Mannheim* erstreckt, und der Rhein über diesem Damm einen Fall von gleicher Höhe gebildet haben.

wesen sein. Im andern Falle würde es hinreichend gewesen sein, wenn die Riffe um so viel höher gelegen hätten, als sich oben (S. 402) ergeben hat, nämlich 34,4 Fuſs.

In beiden Fällen würde sich der See von *Basel* bis *Bingen* ausgedehnt haben. Im ersten würde aber sein Spiegel 488 Fuſs höher, als im zweiten gelegen haben.

Uebrigens steht nichts entgegen, daſs mehrere solcher Felsenriffe, wie das bei *Mainz*, auf der weiten Strecke zwischen *Mannheim* und *Basel* den *Rhein* durchsetzen können, welche in früheren Zeiten die Dämme mehrerer See'n waren, zwischen denen der *Rhein* mit gröſserem Gefälle floſs. Ein analoger Fall in kleinem Maaſsstabe zeigt sich im *Salzkammergut* bei *Salzburg*.

Woher stammt der Detritus, der das 54 Meilen lange und unterhalb *Basel* 4—5 Meilen breite bis *Bingen* sich erstreckende Becken erfüllt hat? — Wie mächtig die Alluvionen in diesem Becken sind, ist wohl nirgends durch Bohrversuche ermittelt worden.

Der aus dem *Bodensee* abflieſsende *Rhein* führt keinen Detritus mit sich; nur derjenige, welchen er auf seinem 17,5 Meilen langen Lauf vom *Bodensee* bis *Basel* aufnimmt, kommt in Betracht. Die gröſste Menge wird ihm bei *Waldshut* durch die *Aar* zugeführt: denn ein Strom, welcher in seinem 25 Meilen langen Laufe ein Gefälle von 861 Fuſs hat, muſs viel Detritus fortführen. Die zahllosen Inseln unterhalb *Basel*, welche, oft wechselnd in neuen Sandbänken wieder entstehn, weisen den Absatz der gröbern Theile dieses Detritus nach.

Der Lauf des *Rheins* in seinem Detritusbette beträgt vom *Bodensee* bis zur *Nordsee* mindestens 0,75 seines ganzen Laufes; das Erosionsthal also nur 0,25.

So wie jetzt, so sind auch in frühern Zeiten dem *Rheinthal* nicht nur durch den Hauptstrom, sondern auch durch die Nebenflüsse des *Schwarz-* und *Odenwaldes*, der Gebirge auf der linken *Rheinseite* bis nach *Bingen* und durch den *Main*, Alluvionen zugeführt worden. Das Material war und ist gegeben; wie viel Zeit aber zur Ausfüllung dieses groſsen ehemaligen Seebeckens erforderlich war, bleibt ein Problem für immer.

Um einen Ueberblick zu gewinnen, welche Massen

Detritus ein Strom wie der *Rhein* fortgeführt hat, wurde der cubische Inhalt des Thaleinschnittes desselben, so weit er durch das Thonschiefergebirge fließt, nämlich von der Mündung der *Nahe* bis zur Mündung der *Sieg* approximativ berechnet [1]). Es ergab sich ein cubischer Inhalt von 0,1202 Cub.-Meilen. Nimmt man die Mächtigkeit des Detritus, wie sie durch Bohrversuche bei *Xanten* (S. 379) ermittelt worden ist, = 43 Fuß, so ergibt sich, daß jener Thaleinschnitt das Material für eine Fläche von 67 Quadratmeilen geliefert hat. Beachtet man die tiefen Erosionsthäler der *Nahe*, der *Lahn*, der *Mosel*, der *Ahr* und der *Sieg* und der vielen Bäche, welche theils in den *Rhein*, theils in die eben genannten größeren Nebenflüsse desselben münden, so leuchtet ein, daß der Detritus, welchen jene geliefert haben, wohl noch viel mehr betragen haben muß, als der des *Rheines* aus dem genannten Thaleinschnitt. Dazu kommt noch, daß in obiger Berechnung nur die Höhen der steilen Thalabhänge zu Grunde gelegt wurden; von da an steigt aber das Gebirge oft meilenweit fortwährend, aber unter einem kleineren Winkel bis zum Kamme an. Dieser minder steile Theil des Gebirges ist aber ebenfalls durch Gewässer erodirt worden.

Gefälle der Donau.

Das Gefälle dieses Stroms von seinem Ursprunge bis *Passau* nach von Dechen [2]), von da bis zum *Eisernen Thor* nach Streffleur [3]).

Auch nur versuchen zu wollen, die Strecken des *Donau*-Laufes zu ermitteln, wo sie im Erosions- und im Detritusbette (vgl. Kap. VI) fließt, würde ein vergebliches Bemühen sein. Es ist nicht zweifelhaft, daß hierüber viele Data in österreichischen Werken, vielleicht noch mehr in den Archiven technischer Behörden existiren mögen. Vielleicht daß österreichische Naturforscher Anlaß nehmen, das zu ergänzen, was wir nur eben begonnen haben.

---

[1]) Der Güte meines Freundes v. Dechen verdanke ich die hierzu nöthigen Data.

[2]) A. a. O.

[3]) Wiener Sitzungsberichte math. u. naturw. Klasse Bd. VIII.

Standort.	Höhe über dem Meere. Par. Fufs.	Entfernung nach dem Stromlaufe. Preufs. Meil.	Gefälle pro Meile.
Donaueschingen	2124		
Sigmaringen	1692	7	61,7
Ulm	1432	10	26
Donauwörth	1230	8	25,2
Regensburg	1033	14	14,1
Passau	867	14	11,9
Linz	777	6	15
Wien [1])	485	15	19,5
Prefsburg	406	5,6	14,1
Comorn	319	11,3	7,7
Gran	310	5	1,8
Pesth	295	8	1,9
Draumündung . . .	236	37	1,6
Peterwardein	215	13	1,6
Belgrad	201	$5^1/_4$	2,6
Eiserne Thor	118	15	5,5

	Höhendifferenz.	Entfernung nach dem Stromlaufe in pr. Meil.	Gefälle pro Meile
Der ganze Lauf der Donau von ihrem Ursprung bis Passau . .	1257	53	23,7
Der ganze Lauf des Inn von seinem Ursprung bis Passau	3033	68	44,6

Die *Donau* durchbricht von *Geistingen* $2^1/_2$ Meilen unterhalb ihres Ursprunges, bis *Scheer* unterhalb *Sigmaringen* in einem vielfach gekrümmten und von Felsenwänden eingeschlossenen Thale das *Juragebirge* der *Rauhen Alp.* Alsdann fliefst sie auf der Scheide des *Jura* und der tertiären *Molasse* bis *Regensburg,* erreicht bei *Donaustauf* den Fufs des *bayrischen Waldes* und folgt demselben bis zur Grenze von *Oesterreich.*

Die Hauptflüsse, welche die *Donau* auf ihrem Laufe durch *Baiern* bis zur *österreichischen* Grenze aufnimmt, sind der *Lech,* die *Isar* und der *Inn.*

In die *Isar* münden sich mehrere Flüsse, von denen die *Jachna,* die *Loysach* mit *Rhamsau* und *Partinach,* die *Amper* und die *Ache* durch Seen fliefsen. Daher kann die

[1]) Zwischen *Theben* und *Prefsburg* fliefst die Donau auf Detritus.

Isar nur geringe Mengen schwebender Theile der *Donau* zuführen.

Der *Inn*, welcher sich bei *Passau* mit der *Donau* vereinigt, ist wasserreicher, als diese. Er entspringt auf dem *Lungin* in *Graubündten* und nimmt alle Gletscherflüsse des nördlichen *Tyrol* auf. Er hat einen 68 Meilen langen Lauf, 15 Meilen mehr als die *Donau* von ihrem Ursprung bis zu ihrer Vereinigung mit ihm. Der *Inn* ist daher der Hauptstrom, welcher die *Donau* ins Schlepptau nimmt, nicht umgekehrt; letztere ist mithin ein *Alpenstrom*, wie der *Rhein*.

Das Gefälle des *Inn* bis zu seiner Vereinigung mit der *Donau* beträgt, nach obiger Tabelle fast 2mal so viel als das der letztern bis zu dieser Vereinigung.

In *Baiern* sind es nur die beiden unbedeutenden Flüsse, die *Mangfall* und die *Alz*, welche durch Seen in den *Inn* fliefsen, jene durch den *Tegernsee*, diese durch den *Chiemsee*.

Da bei weitem die Hauptmasse des Wassers des *Inn* nicht in Seen geklärt wird, so mufs es stets mehr oder weniger mit schwebenden Theilen beladen sein. Er zeigt daher auch die bekannte weifsgrünliche Farbe. Die bedeutende Ausbreitung des Flusses, wo er in das flache Land tritt, seine vielen zum Theil sehr ausgedehnten Inseln daselbst beurkunden die grofsen Massen gröbern Detritus, welche er bei hohen Wasserständen mit sich führt, und wovon sein schneller Lauf viel der *Donau* und gewifs mehr zutheilt, als diese bis zu ihrer Vereinigung mit dem *Inn* mit sich führt.

Unter den in *Oesterreich* der *Donau* zugeführten Alpenflüssen ist es nur die *Traun*, welche durch die Seen des *Salzkammerguts* fliefst und sich durch ihre grofse Klarheit auszeichnet. Die übrigen Alpenflüsse, welche theils in *Oesterreich* theils in *Ungarn* der *Donau* zufliefsen, klären sich nicht, mit geringen Ausnahmen, in Seen; daher führen sie grofse Mengen Detritus diesem Strome zu.

Welch' grofse Massen von Detritus der *Donau* zugeführt werden, zeigen gleichfalls die unzähligen zum Theile viele Meilen langen Inseln in dem ganzen Laufe des Stroms und die bedeutenden Versandungen an den Mündungen im schwarzen Meere.

Die internationale Commission, das Schiffbarmachen

der Ausflüsse der *Donau* in das *schwarze Meer* betreffend, hat ermittelt, dafs sich die zum festen Niederschlage geeigneten Stoffe, welche die *Donau* alltäglich dem Meere zuwälzt, im Sommer und bei gewöhnlichem Wasserstande auf 331200 Cubik-Meter = 10863360 rheinische Cubik-Fufs, bei Ueberschwemmungen aber auf 864000 Cubik-Meter = 28339200 Cubik-Fufs belaufen [1]).

Hieraus ergibt sich, dafs bei gewöhnlichem Wasserstande jährlich eine Schicht von 2,66 geograph. Meilen Länge und Breite und 1 Fufs Tiefe, dagegen wenn die Ueberschwemmung ein Jahr dauern sollte, eine Schicht von 4,3 Meilen Länge und Breite und ein Fufs Tiefe gebildet werden würde.

Gefälle der Elbe.

Standort.	Höhe über dem Meere. Par. F.	Entfernung in preufs. Meilen nach d. Stromlaufe.	Gefälle pro Meile.
Elbquelle	4300		
Böhmisch-sächsische Grenze			
Hernkretschem	383,0	40½	96,7
Dresden	333,5	6	8,2
Riesa	286,5	7	6,7
Wittenberg	194,2	13	7,1
Rofslau	166	5	5,6
Magdeburg	128	8	4,7
Pavey	99,1	7	4,1
Werben Mündung der Havel	67,6	7	4,5
Wittenberge	50,5	4	4,3
Dömitz	34,1	7	2,3
Harburg	6	16	1,8
Cuxhaven	0	16	0,4

Die *Elbe* entspringt am südlichen Abhange des *Riesengebirges* im Granit. Sie durchbricht unterhalb *Theresienstadt* das *böhmische* Mittelgebirge und das Thal erweitert sich im Kreidesandstein. Darin hat sie oberhalb und in der *sächsischen Schweiz* bis *Pirna* ihr Bett tief eingeschnitten und tritt in ein breites Thal, dessen rechter Rand nur eine schwache Scheide gegen das *norddeutsche* Tiefland bildet. In *Meifsen* ist sie von Granit und Syenit ein-

---

[1]) Kölnische Zeit.

gefafst, und wird bis gegen *Riesa* hin von massigen Gesteinen begleitet; hier tritt sie aber gänzlich in das Tiefland ein. Bei *Magdeburg* erscheinen im Flufsbette zum letzten Mal Felsenriffe vom Rothliegenden.

Das bedeutende Gefälle von 96,7 Fufs pro Meile, welches die *Elbe* von ihrem Ursprung bis zur *böhmisch-sächsischen* Grenze hat, sollte auf eine grofse Geschwindigkeit des Flusses innerhalb *Böhmen* schliefsen lassen. So weit die Eisenbahn von *Dresden* bis *Prag* und *Prünn* im *Elbthale* angelegt ist, habe ich aber während einer dreimaligen Reise auf dieser Strecke nirgends eine Geschwindigkeit beobachtet, welche der des *Rheins* und der *Donau* gleichkäme.

Die *Elbe* ist an ihrem Ursprunge ein unbedeutender Bach, der in seinem Laufe über den Abhang des *Riesengebirges* schon einen gröfsern Theil seines Gefälles verbraucht. Die erlangte Endgeschwindigkeit sinkt bei seiner Aufnahme anderer bedeutenderer Zuflüsse, die weniger Gefälle haben, bis auf eine geringe Gröfse herab. Ganz anders verhält es sich mit dem *Rhein* und der *Donau*.

Jener nach seinem Ausflusse aus dem *Bodensee* durch die wasserreiche *Aar* vergröfsert, besitzt eine so grofse Wassermenge im Verhältnifs zu der ihm von seinen Nebenflüssen zwischen *Basel* und *Mannheim* zugeführten, dafs durch diese seine grofse Geschwindigkeit, welche ihm sein bedeutendes Gefälle oberhalb *Basel* verliehen hat, um so weniger geschmälert werden kann, da auch diese Nebenflüsse einen schnellen Lauf haben. Seine Geschwindigkeit nimmt übrigens in seiner seeartigen Ausbreitung zwischen *Mannheim* und *Bingen* bedeutend ab, und erst wieder zu in dem engen Felsenthale abwärts *Bingen*. Hier steigern sich nämlich die Factoren, Gefälle, enges Bett und Wassertiefe, welche die Geschwindigkeit der Flüsse bedingen.

Die *Donau* ist an sich ein kleiner Flufs, der indefs im obern Theile seines Laufs ein bedeutendes Gefälle hat. Alle ihre Zuflüsse auf der rechten Seite haben, da sie von den Alpen kommen, ein gröfseres Gefälle, einen schnelleren Lauf, und ihre Wassermengen sind wenig geringer, die des *Inn* sogar gröfser, als die der *Donau*. Jeder dieser Zuflüsse gibt ihr einen neuen Stofs: so namentlich der

Inn, daher ihr schneller Lauf, der weit nach *Ungarn* hinein fortsetzt; denn auch die gröſsern Flüsse, welche sie in diesem Lande aufnimmt, und die theils von den Alpen, theils von den Karpathen kommen, haben einen schnellen Lauf.

Da die letzten Felsenriffe im *Elbebette* bei *Magdeburg* sich zeigen: so schlieſsen wir, daſs von da an bis zur Mündung in die *Nordsee* der Strom im Detritusbette flieſst. Die ganze Länge seines Laufes beträgt 136,5 Meilen: davon kommen 57 Meilen auf seinen Lauf im Detritusbette, gleich 0,42 vom ganzen Laufe. Man kann aber wohl *Riesa* als Grenze setzen, da von hier an bis *Magdeburg* Felsenriffe nur isolirte Partieen sind, zwischen welchen die *Elbe* im Detritusbette flieſst. Diesem gemäſs würde der Lauf in diesem Bette bis auf 0,61 steigen.

Felsenriffe in einem Strome haben Einfluſs auf sein Gefälle: sie stauchen das Wasser mehr oder weniger auf, wodurch das Gefälle oberhalb der Felsenriffe vermindert, unterhalb derselben vermehrt wird. Die nicht ganz regelmäſsige Abnahme des Gefälles der *Elbe* von *Dresden* bis *Magdeburg* mag von dieser Ursache herrühren.

Aus dem Nachstehenden ergiebt sich der Unterschied zwischen Ebbe und Fluth:

bei *Harburg* . . . . 5,5 Fuſs,
bei *Blankenese* und *Schulau* . . 6,5—7 Fuſs,
bei *Cuxhafen* . . . . 9,5 Fuſs,
bei der *Rothen Fanne*, der eigentlichen Strommündung . . . . 11 Fuſs.

Die Fluth staucht den Fluſs bis dahin auf, wo die Höhe seines Spiegels gleich ist der der Fluthwellen. Diese Stelle liegt oberhalb *Harburg*, wo die Meereshöhe des Elbspiegels 11 Fuſs ist; denn so hoch ist der Meeresstand während der Fluth über dem zur Zeit der Ebbe.

Der Elbspiegel bei *Harburg* liegt zur Zeit der Ebbe 6 Fuſs über dem Meere, zur Zeit der Fluth ist er 5,5 Fuſs höher, mithin 11,5 Fuſs über dem Meeresspiegel zur Zeit der Ebbe; diese Zahl stimmt bis auf 0,5 Fuſs mit der Fluthhöhe an der Strommündung überein.

So lange als die Fluth dauert ist der Fluſs bis dahin wo seine Meereshöhe 11 Fuſs ist, ein See, der keinen Abfluſs hat. Von der Zeit an, wo die Fluth bis zur Ebbe

sinkt, findet dagegen der Abflufs des aufgestauchten Stromes statt. Würde der Uebergang von der Fluth zur Ebbe plötzlich erfolgen: so würde anfangs das ganze Gefälle von 11 Fufs als Druckhöhe wirken, mithin eine rasche Fortführung der schwebenden Theile eintreten. Es ist aber nur die Differenz zwischen dem höheren Stande des Stromes und dem niedrigen des Meeres, welche als Druckhöhe wirkt. Demnach kann die Ebbe und Fluth den Absatz der schwebenden Theile im Bette des Stromes von seiner Mündung bis dahin, wo diese periodischen Strömungen noch wirken, nur begünstigen. Nicht zu übersehen ist indefs, dafs die Zeit von 6 Stunden, innerhalb welcher der Abflufs des Stromes gehemmt ist, zu kurz ist, als dafs innerhalb derselben ein merklicher Absatz der schwebenden Theile erfolgen könnte.

An der Mündung der *Elbe*, wo in Folge der periodischen und normalen Strömungen das Meer immer in Bewegung ist, kommen die schwebenden Theile nicht zum Absatze, sondern nur die gröberen, welche Sandbänke bilden. Sobald sie nur das Meer erreicht haben, werden sie durch die Strömungen fortgeführt und kommen wahrscheinlich erst an der Küste von *Jütland* zum Absatze.

Die Breite der *Elbe* nimmt von *Hamburg* bis zu ihrer Mündung zu. Von *Blankenese*, 2 Meilen unterhalb *Hamburg* bis zur Mündung der *Oste* ist sie 0,5, von da ab 0,75, unterhalb *Brunsbüttel* und *Neufeld* 1 Meile. Aufser vielen, zum Theil bewohnten Inseln, sind in diesem Stromlaufe drei grofse Sandbänke, die übrigen Sandinseln der *Unterelbe* sind von geringerer Bedeutung.

Die *Elbe*, wie alle Ströme, welche sich in Meere münden, die der Ebbe und Fluth ausgesetzt sind, haben in 24 Stunden nur einen 12stündigen Ausflufs; alles Wasser, welches die *Elbe* in 24 Stunden mit sich führt, mufs daher in 12 Stunden in die *Nordsee* fliefsen. Hieraus folgt, dafs sie defshalb zweimal so breit sein mufs als nöthig wäre, wenn der Abflufs ununterbrochen stattfände. Dazu kommt aber noch, dafs ihr Gefälle von *Harburg* bis zur Mündung nur 0,4 Fufs pro Meile beträgt, während es von der *böhmisch-sächsischen* Grenze bis *Dresden* 20mal so grofs ist. Bei *Dresden* ist ihre Breite 666 Fufs, kurz vor ihrem

Ausflusse 23000 Fufs. Sie beträgt daher hier 35mal so viel als dort. In diesem Verhältnifs mufs daher die Breite zunehmen, damit der durch die Ebbe und Fluth und durch das verminderte Gefälle beschränkte Ausflufs mit dem Zuflufs ins Gleichgewicht kommt.

Mit Unrecht würde man die seeartige Erweiterung von *Harburg* bis zur *Nordsee* einen Meerbusen nennen, denn sie ist nicht ein ursprünglich entstandener Meerbusen, der sich in das Land hineinzieht, sondern ein durch die *Elbe* gebildeter Einschnitt in ihren Detritus.

Gefälle der Oder.

Standort.	Höhe über dem Meere. Pariser Fufs.	Entfernung in preufs. Meilen nach dem Stromlaufe.	Gefälle pro Meile.
Oderberg	601,4		
Ratibor	558,3	4	10,8
Kosel	510,0	5	9,7
Oppeln	456,4	6¾	7,9
Brieg	401,9	6	9,1
Breslau	344,4	7	8,2
Grofsglogau	218,6	16½	7,6
Neusalz	188,9	5	5,9
Krossen	121,1	11	6,2
Schildow	99,8	3½	6
Friedrich-Wilhelmskanal .	69,3	4	7,6
Frankfurt	62,1	1	7,2
Küstrin	36,6	4½	5,7
Neu Glietzen	5,5	6¼	5
Schwedt	0,4	4¼	
Stettin	0,4	6¾	0

Sehen wir einen Strom aus einem engen Felsenthale in flaches Land fliefsen, sehen wir, dafs dort sein Bett im Gestein, hier im Detritus ist: so schliefsen wir, dafs das Liegende des letztern gegen das flache Land fallen mufs. Entweder zieht sich der Fufs des Gebirges unter den Lauf des Stromes hinab, oder es sind jüngere Formationen, auf denen der Detritus gelagert ist. Sollten Bohrversuche ermittelt haben, dafs die Mächtigkeit dieses aufgeschwemmten Landes gleich der Meereshöhe des Flufsbettes ist, so würde derselbe Schlufs, wie beim *Rhein* gelten, dafs das flache Land ein ehemaliger, jetzt erfüllter Meerbusen war. Sollte erst unterhalb der Stelle, wo der Strom in das Detritusbett tritt, nahe seiner Mündung in das Meer, diese Meeres-

höhe erreicht werden: so würde daraus folgen, dafs das Liegende des aufgeschwemmten Landes in geneigter Lage sich befände, und dafs der ehemalige Meerbusen nur bis dahin sich erstreckt hätte.

Die Ausfüllung eines Meerbusens oder eines See's mit Detritus durch einen Strom steht mit seinem spätern Lauf nur in soweit in Beziehung, als dadurch sein früherer Lauf verlängert wird in einem Bette, zu dessen Bildung er selbst das Material geliefert hat.

Mag ein mit Detritus erfülltes Thal im Verhältnifs zu dem darin fliefsenden Strome eine noch so grofse Breite haben, so folgt hieraus blofs, dafs zur Zuführung dieses Detritus durch diesen Strom sehr lange Zeiträume erforderlich waren, nicht aber, dafs der Strom in frühern Zeiten so grofs gewesen sein mufste, dafs er das ganze Thal hätte überfluthen können.

Wir können daher nicht der Ansicht von Sasse beipflichten, dafs das *Oder-Thal* ein Inundations-Thal sei, welches als ein Denkmal plötzlich untergegangener Stromverhältnisse die Bewegung 200facher Wassermassen in frühern Perioden voraussetze.

Das Gefälle von Flüssen *Norwegens* scheint noch nicht ermittelt worden zu sein; uns ist wenigstens nichts hierüber bekannt geworden.

James Forbes[1]) macht indefs über diesen Gegenstand viele schätzenswerthen Mittheilungen, worauf die folgenden Betrachtungen gegründet sind.

Norwegens grofser Reichthum an Meerbusen (Fjords) und an kleinern Inseln gibt zu folgenden Bemerkungen Anlafs. Da die Flüsse in diesem Lande meist einen sehr kurzen Lauf haben: so können sie nicht von Bedeutung sein. Der gröfste Flufs, der *Glommen,* hat einen Lauf von 65 geogr. Meilen und mündet in den *Sogne-Fjord,* der sich 15 Meilen in das Land hinzieht.

Vergleicht man die Längen des Laufs mehrerer Flüsse (7 bis 15 Meilen) mit den Längen der Fjorde, in welche sie sich ergiefsen: so ergibt sich, dafs letztere nicht selten mehr als erstere betragen.

[1]) *Norwegen* und seine Gletscher. Uebers. von Zuchold.

Meerbusen, welche zum Theil noch länger sind, als der kurze Lauf der in sie mündenden kleinen Flüsse, können unmöglich das Werk der Erosion durch diese sein.

Der mächtige *Rhein* konnte unterhalb *Bingen* sein Bett nur soweit erodiren, als seine Wassermasse es erforderte. Um Raum für die Strafse und in neuester Zeit für die Eisenbahn zu gewinnen, mufsten an den meisten Stellen Felsen weggesprengt werden. Die noch mächtigere *Donau* drängt sich in so geringer Breite durch das 12 Meilen lange Felsenbett unterhalb der Insel *Moldava*[1]), dafs man den oberhalb desselben so sehr ausgebreiteten Strom nicht wiedererkennt. Wie wäre es daher denkbar, dafs die kleinen Flüsse *Norwegens* die breiten Fjords hätten erodiren können.

Diese Verhältnisse zeigen ganz entschieden, dafs die Fjords in *Norwegen* wahre Meerbusen sind, deren Bildung mit der einstigen Erhebung dieses Landes zusammenfällt, und gar keine Aehnlichkeit hat mit der Entstehung der scheinbaren Meerbusen der *norddeutschen* Flüsse.

Die damalige Configuration der *norwegischen* Küste mit ihrer grofsen Zahl von Meerbusen, Buchten und Inseln kann nicht wesentlich abweichen von derjenigen, welche dieses Gebirge hatte, als es einst ein submarines war. Die Unebenheiten, welche die Erosion seit der Erhebung der Küste bewirkt hat, beschränken sich auf die Einschnitte kleiner in die Fjords und in das Meer mündender Flüsse und Bäche. Sie verschwinden gegen die Unebenheiten zwischen den oft mehrere tausend Fufs hervorragenden Küsten, und den schroffen Abhängen derselben bis zum Meeresboden, an deren Bildung die Erosion keinen wesentlichen Antheil genommen hat.

Es würde für die Kenntnifs der unzweifelhaft sehr schroffen Undulationen zwischen den Höhen über und den Tiefen unter dem Meeresspiegel an *Norwegens* Küste von Interesse sein, durch Messungen dieser Höhen und Tiefen und der Neigungswinkel dieser Abhänge Profile zwischen

---

[1]) Nach Wutzer: Reise in den Orient. 1860. S. 42 ist ihre Breite an dieser Stelle 650 bis 510 Fufs, während sie oberhalb *Ibraila* bis 4500 Fufs breit ist

den Küsten, welche Meerbusen einschliefsen, sowie zwischen den Küsten und nahe gelegenen Inselgruppen zu construiren. Man würde dann ein Bild von den dortigen submarinen Gebirgen und Thälern vor der Erhebung *Skandinaviens* in so schroffen Undulationen erhalten, wie sie kaum an irgend einer andern Küste in höherm Grade vorkommen möchten.

Eine sehr bedeutende Meerestiefe ist mir bekannt geworden. Nach Liudhagen und Kloumann[1]) ist sie nämlich zwischen *Bosekop* am *Alten-Fjord* und dem *Altenflusse* in 70° nördl. Breite = 7200 engl. Fufs. Die Insulargebirgskette der *Lofodden*[2]) (68° nördl. Breite) erreicht die Schneegrenze wenigstens an drei Punkten. Zwei Inseln, *Ringvasdö* und *Kaagen*, unter 69° und 70° N. Br. tragen Gletscher und auf ersterer zieht sich eine Gandecke bis zum Meere hinab. Da nun die Schneegrenze auf den *Lofodden* 3100 Fufs in 69° und 70° nördl. Breite 3360 und 2650 Fufs über dem Meere liegt, so mufs die Höhe dieser Inseln mindestens 2650 bis 3360 Fufs betragen. Die Höhe dieser Inseln über dem Meeresboden ist daher mindestens 9850 bis 10560 Fufs, vorausgesetzt, dafs die Meerestiefe in der Nähe dieser Inseln gleich der bei *Bosekop* sei. Dieselben Schätzungen gelten für das benachbarte Vorgebirge *Jökuls - Fjield* (70° B.), welches nach drei Seiten Gletscher herabsendet, die fast durchgängig bis zur Meeresfläche reichen.

Um sich einen Begriff von der gegenseitigen Lage der Inseln machen zu können, wollen wir annehmen, dafs sie abgestumpfte Kegel seien, deren Neigungswinkel 45° betrage, und dafs die Grundflächen derselben einander auf dem Meeresboden berühren. Ist der Durchmesser zweier Inseln je eine Meile und die Meerestiefe $\frac{1}{3}$ M. = 7200 F., so ist der Durchmesser der Grundfläche gleich $1\frac{2}{3}$ M., folglich die Entfernung zwischen den beiden Inseln = $\frac{2}{3}$ M.

Da bei constanten Meerestiefen und Neigungswinkeln diese Zahl constant bleibt, so nehmen die Entfernungen zwischen den Inseln im Verhältnifs zu ihren Durchmessern ab, wenn diese zunehmen. Je gröfser daher die Inseln, desto kleiner ihre Entfernungen im Verhältnifs zu ihrer Gröfse.

[1]) James Forbes: A. a. O. S. 85 der Uebersetzung.
[2]) A. a. O. S. 184.

Addirt man zu obiger Meerestiefe die gröfste Höhe der Gebirge *Norwegens* = 8200 F., so erhält man 15400 F. Sollte daher die Hebung *Skandinaviens* soweit fortschreiten, dafs einst der Meeresboden über die Meeresfläche käme: so würde ein Gebirge gleich dem *Alpengebirge* entstehen.

Die norwegischen Flüsse kommen häufig aus Seen, oder fliefsen durch diese, sie können daher nur wenig Detritus mit sich führen, und was diejenigen mit sich führen, welche in Fjords münden, setzen sie in diesen ab. Gewifs sind es nur wenige oder nur kleine Flüsse, welche weder aus Seen kommen, noch durch diese, noch in Fjords, sondern direct in die *Nordsee* fliefsen.

Der Detritus, den die norwegischen Flüsse in das Meer führen, kann daher nur eine verschwindende Gröfse sein. Hieraus folgt, dafs Delta-Bildungen an den Mündungen der Fjords nicht und so lange nicht stattfinden können, als diese nicht mit Detritus gänzlich erfüllt sein werden. Und sind die Meerestiefen so bedeutend, wie oben angeführt worden: so sind lange geologische Epochen erforderlich, ehe der Detritus die Oberfläche erreicht.

In den Fjords werden sich aber wohl an den Mündungen der Detritus mit sich führenden Flüsse wenigstens Anfänge von Deltas finden. A priori ist daher nicht zu erwarten, dafs auch nur eine von den vielen Inseln *Norwegens* Küste eine Sandbank sei; von einer solchen spricht auch Forbes nicht in der Beschreibung seiner Küstenfahrt nach *Hammerfest* und zurück; wohl aber von vielen Inseln, welche aus hoch hervorragenden Gebirgen bestehen. Er bemerkt vielmehr [1]), dafs die Inseln sich häufig nicht vom Festlande unterscheiden lassen, wie auch bekanntlich viele dieser Inseln die Fundorte seltener Mineralien sind; mithin krystallinische Gesteine auf ihnen vorherrschen. Die Fjords ziehen sich durchgängig in mannichfachen Windungen so nahe neben einander in das Festland hinein, dafs sie nur schmale Landzungen zwischen sich lassen, welche als Halbinseln erscheinen. Das Festland, die Halbinseln und die Inseln sind daher als ein

[1]) A. a. O. S. 169.

theils über, theils unter dem Meere zusammenhängendes Ganzes zu betrachten.

An der Strafse von *Kongsvold* nach *Drivstuen* befinden sich höchst merkwürdige Streifen und Schliffflächen. Diese abgerundeten Felsen sind gewöhnlich von erratischen Felsblöcken oder Geschieben begleitet.

Ueber die Terrassen am Meer hat Bravais wichtige Untersuchungen angestellt. Sie zeigen die Eigenthümlichkeit, dafs sie nicht in gleicher Höhe über dem gegenwärtigen Meeresspiegel hinlaufen, sondern so geneigt sind, als ob die Küste nicht allein plötzlich, sondern auch ungleichmäfsig dem Meere entstiegen sei: so ist z. B. die Seite nach *Hammerfest* hin weniger emporgehoben, als die Gegend von *Bosekop*. Nach Chambers ist die bedeutendste Höhe auf dieser Strecke 240 Fufs. Bei *Aalesund* beobachtete Forbes[1]) Terrassen von 120 Fufs Höhe. An den Felsen des *Sogne*-Fjord kommen Schliffflächen von merkwürdiger Ausdehnung undSchärfe vor, ebenso wie die Roches moutonnées, und Forbes leitet die Entstehung derselben von frühern sehr grofsen Gletschern her.

Allein am *Log-Sund* sind alle Vorgebirge bedeutend gestreift und gefurcht und es war hier deutlich zu sehen, dafs die abreibende Kraft von Norden nach Süden gewirkt hatte. Wenn man die Lage des *Log-Sundes*, der von Norden nach Süden verläuft, betrachtet, so sind die Bedingungen, unter welchen jene Kräfte gewirkt haben, unerklärlich.

Am *Moranger*-Fjord zeigt die ganze Küste eine wellenförmige Bildung und die Schliffflächen treten um so deutlicher hervor, je mehr man sich den Gipfeln der den *Moranger*-Fjord überragenden schneegekrönten Bergen nähert. Die Richtung der Wirkung geht den Fjord abwärts und die Schliffflächen erreichen nicht allein eine bedeutende Höhe, sondern sind auch durch zahlreiche darauf liegende abgerundete Felstrümmer charakterisirt.

Wenn in fernen Zeiten die Seen, durch welche Flüsse fliefsen, sowie die Fjords, in welche diese sich ergiefsen,

---

[1]) Hypothesen von Forbes, Esmark etc. über diesen Gegenstand §. 221.

mit Detritus erfüllt sein werden, so werden an der Küste Alluvionen entstehen, und die Räume zwischen den Inseln ausfüllen.

Kegel von krystallinischem Gesteine werden dann aus sedimentären Bildungen hervorragen gleich den aus dem rheinischen Schiefergebirge hervorragenden Basaltkegeln, welche man für Durchbrüche zu halten pflegt. Dieser Gegenstand wird im Meereskapitel weiter besprochen werden.

In diesen fernen Zeiten werden die Flüsse in ihren eignen Absätzen, womit sie die Fjords erfüllt haben, d. h. im Detritusbette fliefsen. Es werden dann bei den norwegischen Flüssen dieselben Verhältnisse eintreten, wie sie beim *Rhein* und den norddeutschen Strömen schon längst bestehen.

Norwegen liegt zwischen 59° und 71° nördl. Breite, die Schneegränze erhebt sich nach Hagelsham in 59° bis 60° Breite 5542 Fufs über das Meer, und sinkt am *Nordcap,* 71° 32 Fufs Breite bis auf 2252 Fufs herab [1]); die Höhe der Gebirge steigt bis zu 8500 Fufs [2]). Ewiger Schnee existirt daher und bedeckt unübersehbare Flächen des Hochlandes, von denen sich Gletscher in grofser Zahl herabziehen.

Die Thäler, in denen sich Gletscher bewegen, sind durch Erosion gebildet worden, und diese Erosion dauert noch immer fort. S. 393 ff. Der dadurch entstandene Detritus, der von den Gletschern getragen und von diesen, sowie von den Gletscherflüssen fortgeführt wird, mufs sich in den Thälern, sowie in den Fjords wiederfinden.

Man vergesse nicht, dafs der Detritus in den von den Gletschern vor sich hergeschobenen Schutthaufen der Verwitterung viel schneller unterliegt, als anstehendes Gestein, und dafs dann die zerfallenen Massen von den Gletscherflüssen fortgeführt werden.

Der einzige Gletscher in ganz *Norwegen*, welcher wirklich von den Wogen der See bespült wird, befindet

---

1) Diese Angaben stimmen mit den frühern von Leop. v. Buch sehr nahe überein.

2) Forbes a. a. O. S. 168.

sich nach Forbes[1]) in der kleinen Bai *Jökuls*-Fjord. Das Losbrechen und Niederstürzen von Eismassen in den Fjords verursacht häufig so bedeutende Aufregungen der See, daſs sich die Bewegung meilenweit fortpflanzt und die Wogen die Hütten der Bewohner überfluthen.

Mit dem Gletschereise stürzt also auch der Detritus, den der Gletscher mit sich führt, in den Fjord.

Nächst diesem Gletscher führt Forbes[2]) den *Suphellegletscher* an, welcher nur 105 Fuſs über dem Meeresspiegel liegt, und dessen Ende nicht weit von dem östlichen Arme des *Sogne*-Fjord entfernt ist.

Eine Reihe von Morainen, hauptsächlich aus Gneiſs bestehend, bezeichnet das stufenweise Zurückgehen dieses Gletschers. Ebenso scheint der *Nygaard*[3]) im Frühjahr sich gewöhnlich bis an die Meeresküste zu erstrecken. Das untere Ende des *Sushedalgletscher* liegt nach Forbes[4]) 815 Fuſs über dem Meere.

Durocher gibt eine kurze Beschreibung des *Lodalgletscher*[5]), des gröſsten in *Skandinavien*, und vergleicht ihn mit dem *Aargletscher*. Auf seiner Oberfläche ist er zum gröſsten Theil mit Blöcken, Kies und Bruchstücken von verschiedener Gröſse bedeckt. Seine mittlere Moraine ist anfangs sehr breit, und vereinigt sich mit der linken Seitenmoraine.

In einem vom Meere begrenzten Lande, wo die höchsten Gebirge diesem so nahe liegen, wie in *Norwegen*, und wo der Lauf der Flüsse sehr kurz, ihr Gefälle dagegen sehr bedeutend ist, weil sie meist in die weit in das Land hinein sich ziehenden Fjords münden, sind die Bedingungen gegeben, daſs die Erosion durch die Gletscher und durch die Flüsse bis zur fernen Zukunft fortschreiten kann. Die Verhältnisse sind hier ganz anders, als in einem Lande, wo die Flüsse nach ihrem Austritte aus dem Felsenbette einen langen Lauf bis zum Meere im Detritusbette nehmen. Es ist nicht wahrscheinlich, daſs z. B. der

---

[1]) A. a. O. S. 72.
[2]) [3]) A. a. O. S. 134 u. S. 150.
[4]) A. a. O. S. 155.
[5]) A. a. O. S. 143.

Rhein sein Felsenbett aufwärts *Königswinter* noch austiefen werde; denn geschähe das, könnte aber der Strom nicht gleichzeitig das Detritusbett in demselben Grade austiefen: so würde er durch diesen Detritus so hoch aufgestaucht werden, als das Felsenbett erodirt worden wäre. Da eben so hoch das Wasser stagniren würde, so würde die Austiefung in diesem Bette bald mit Detritus ausgefüllt und dadurch die weitere Erosion verhindert werden.

Eine gröſsere Austiefung des Detritusbettes ist aber nicht denkbar, weil dadurch das Gefälle vermindert, mithin die Fortführung der Geschiebe und des Sandes verzögert werden würde. Die Folge davon würde sein, daſs dieser Detritus sich anhäufte, wodurch der Strom aufgestaucht und die im Detritusbette entstandene Vertiefung bald wieder ausgefüllt werden würde [1]. Es ist daher nicht zu bezweifeln, daſs beim *Rhein* wie bei allen Strömen, welche vor ihrer Mündung in das Meer auf einer langen Strecke im Detritusbette flieſsen, die im Causalzusammenhang stehenden, aber einander entgegenstrebenden Wirkungen, nämlich das Austiefen des Felsen- und Detritusbettes, das Gefälle und die Absätze des Stromes endlich in ein gewisses Gleichgewicht kommen werden, und daſs dann ein stationärer Zustand eintreten wird, der jedoch in Folge von Wasserfluthen, Eisgängen und Eisstopfungen u. s. w. Oscillationen ausgesetzt ist. Nicht übersehen darf man indeſs, daſs eine dieser Wirkungen, die Absätze der Ströme in der Nähe ihrer Mündungen, wo ihr Gefälle bis oder fast auf Null herabgekommen, im steten Zunehmen begriffen ist, wenn nicht der Schifffahrt wegen künstlich

[1] Es ist wohl kaum nöthig, daran zu erinnern, daſs solche Ausfüllungen mit Detritus bei der Anlage von Wehren und Uferbauten künstlich bewirkt werden. Wird ein Damm quer durch einen Fluſs gelegt und dieser noch so hoch aufgestaucht: so füllt sich nach und nach das Bett oberhalb des Wehres bis zu dessen Höhe mit abgesetztem Detritus an. Haben die Flüsse bei hohen Wasserfluthen Ufer fortgerissen: so pflegt man, um diese wieder zu ergänzen und weitern Beschädigungen vorzubeugen, von den nahestehenden Ufern parallel Dämme bis dahin zu bauen, wo die zerstörten gestanden hatten. Durch diese partiellen Aufstauchungen des Stroms wird erreicht, daſs er oberhalb dieser Dämme Detritus absetzt und so nach und nach die Ufer wieder erneuert werden.

nachgeholfen wird. Jener stationäre Zustand ist ohne Zweifel bei allen Strömen, die in bedeutenden Längen im Detritusbette fliefsen, schon längst eingetreten, nicht aber bei denjenigen, die unmittelbar aus dem Felsenbette und mit bedeutendem Gefälle in das Meer stürzen oder doch nur auf kurzen Strecken im Detritusbette fliefsen. Letzteres ist aber bei den Flüssen in *Norwegen* der Fall.

Wir beschliefsen dieses Kapitel mit einigen allgemeinen Bemerkungen.

Ein Land wie *Norwegen*, oder die *skandinavische* Halbinsel überhaupt, an dessen Seeküste keine Deltas vorkommen können, so lange nicht die Fjords mit Detritus ausgefüllt sein werden, trägt einen sehr jugendlichen Charakter. Wir müssen nämlich annehmen, dafs es sich viel später aus dem Meere erhoben habe als andere Länder, deren Gebirgszüge durch ausgedehnte Säume von Alluvionen begrenzt werden. Zu dieser Annahme sind wir um so mehr berechtigt, als ein grofser Theil von *Skandinavien* noch in Erhebung begriffen ist.

Zieht man vom Areal des nördlichen *Deutschlands* und *Hollands* den langen Saum aufgeschwemmten Landes zwischen der polnischen Grenze und der Mündung des *Rheins* ab: so bleibt der Gebirgszug, welcher mit den *Sudeten* und dem *Riesengebirge* beginnt und mit dem rheinischen Schiefergebirge schliefst, übrig. Dieser Gebirgszug, zur Zeit, als er die Meeresküste bildete, ist mit *Norwegen* zu vergleichen. Durch *Süddeutschland* und die *Schweiz* zieht sich das mächtige *Alpengebirge*, welches mit jenem Gebirgszuge durch das *Juragebirge*, den *Schwarzwald* und *Odenwald* im Zusammenhange steht. Die Alpen im Herzogthum *Krain*, so wie im *Venetianischen* werden vom *adriatischen* Meere bespült. Hier fehlen die Alluvionen; die Alpen der *Schweiz* und *Tyrols* verlaufen sich aber in die der *lombardisch-venetianischen* Ebene. Verknüpft man das südliche *Deutschland* und die *Schweiz* mit dem nördlichen und mit *Holland*, und zieht die Alluvionensäume ab: so bleiben die genannten Gebirgszüge übrig, welche vor dem Absatze dieser Alluvionen die Ufer der ehemaligen *Ostsee*, *Nordsee* und des *adriatischen* Meeres bildeten. Dieser Landstrich ist mit *Skandinavien* zu vergleichen.

Skandinavien, Finnland mit eingeschlossen, ist reich an Seen. So wie sich an den Mündungen der Flüsse Deltas am Meeresufer bilden, so auch in den Seen, in welche die Flüsse sich ergiefsen. Diese Deltas sind die Anfänge einer gänzlichen Ausfüllung der Seen mit Detritus, welche nach langen Reihen von Jahren nothwendig erfolgen wird. Je weniger diese Ausfüllung vorgeschritten ist, desto jünger ist der Wasserlauf, desto kürzer ist also die Zeit, seit welcher die Seebecken sich über das Meer erhoben haben. Wie weit die Deltabildungen in den Seen *Norwegens* fortgeschritten sind, oder ob sogar gänzlich ausgefüllte Seebecken dort sich finden, welche zu vergleichen wären mit dem grofsen ehemaligen Seebecken zwischen *Basel* und *Mainz*, ist mir nicht bekannt. Sollte vielleicht die hauptsächlich mit Alluvionsand erfüllte Strecke zwischen *Bosekop* am *Altenfjord* und dem *Altenflusse* [1]) ein solches Seebecken sein?

Geht man davon aus, dafs die ganze norddeutsche Ebene nichts Anderes, als das angeschwemmte Land der norddeutschen Ströme ist: so bespülte vor dieser Anschwemmung die *Ost-* und *Nordsee* die nördlichen Abhänge der Gebirgszüge, welche diese Ebene begrenzen. Im Bette der *Elbe* bis *Magdeburg* finden sich die letzten Felsenriffe; bis dahin, wenn nicht noch weiter hinauf, reichte daher das damalige Meer im jetzigen *Elbthale*.

Der bei *Magdeburg* abfallende Felsenriff erreicht das Niveau des Meeresspiegels in 128 Fufs Tiefe. Denkt man sich, dafs sich dieser Riff in geneigter Ebene bis zum Felsengrund der *Nordsee* an der Mündung der *Elbe* fortzieht: so hat man ein ideales Profil von der norddeutschen Ebene. Dieses Profil setzt bei *Magdeburg* eine Mächtigkeit des Detritus von 128 Fufs voraus, die bis zur Meeresküste zu- oder abnimmt, je nachdem der dortige Felsengrund mehr oder weniger unter dem Meeresspiegel liegt.

An der ehemaligen Mündung der *Elbe* bei *Magdeburg* begannen die Detritusabsätze dieses Stroms. Hatten sie den Meeresspiegel erreicht: so versperrten sie den Ausflufs und der Strom war gezwungen, neue Auswege zu

[1]) Forbes a. a. O. S. 85.

suchen, und sich in mehrere Arme zu verzweigen. Bei hohem Wasserstande überfluthete indefs der Strom das verlassene Bett und setzte neuen Detritus auf dasselbe ab. So schritten und schreiten noch die Alluvionen fort.

In die *Nordsee* ergiefsen sich drei Hauptflüsse, die *Elbe*, *Weser* und *Ems*; in die *Ostsee* die *Oder*. Kann man von dem Detritus, welchen diese Flüsse abgesetzt haben, die ganze Detritusablagerung der norddeutschen Ebene ableiten?

Allerdings häufte sich der durch diese Flüsse zugeführte Detritus an ihren damaligen Mündungen an; so wie er aber nur in den Bereich der Wellenbewegung kam, wurde er bald hierhin bald dorthin geführt und zerstreut. Die damalige Meeresküste war von Gebirgsabhängen ganz eingefafst, welche der Brandung ausgesetzt waren. Alles, was durch diese von den Felsenriffen losgerissen wurde, bildete einen Detritussaum, der sich längs der ganzen Küste hinzog. So lange als nicht dieser Saum so hoch anstieg, dafs die Meereswogen ihn nicht mehr überfluthen konnten, dauerte die Wirkung der Brandung fort. Von welcher Bedeutung der auf diese Weise entstandene Detritus ist, welche grofse Felsmassen dadurch losgerissen werden, das zeigt sich an den steilen Ufern der jetzigen Meere.

Stieg der Detritus nach und nach bis zum Meeresspiegel, so konnte dies, wegen der noch vorhandenen Unebenheiten in den Alluvionen nicht gleichförmig geschehen. Es entstanden Inseln, zwischen welchen die Flüsse ihren Lauf fortsetzten und durch Absatz ihres Detritus die Vertiefungen ausglichen.

Das Flufsgebiet der norddeutschen Ströme schliefst alle Gebirge des nördlichen *Deutschland* bis zu den südlichen Abhängen der *Sudeten*, des *bayerisch-böhmischen Waldgebirges*, des *Fichtelgebirges*, der *Rhön* u. s. w. ein. Die fast zahllosen mehr oder weniger tief eingeschnittenen Erosionsthäler in diesen Gebirgen, die Abnahme der Höhen der letztern, die Abnagung der Gebirgsabhänge an der ehemaligen Meeresküste durch die Brandung würden ein Maafs für den Detritus geben, welcher dem Meere zugeführt wurde, wenn es möglich wäre, den kubischen Inhalt dieser Massen zu ermitteln. Eine kühne Phantasie gehört

aber gewifs nicht dazu, in diesen Massen ein hinreichendes Aequivalent für die Alluvionen der norddeutschen Ebene zu erblicken.

Die Natur knüpft stets an Zerstörung neue Schöpfungen. Durch Kräfte, welche nicht mehr zu den unbekannten gehören (S. 336 ff.) erheben sich submarine Gebirge über das Meer: neues Land wird geschaffen. Die Erosion setzt das Werk fort; durch sie entstehen der organischen Natur zugängliche Thäler und das Product der Erosion vergröfsert das Land.

Kapitel VII.

Meer.

Das Meer bietet in physikalischer Hinsicht sehr merkwürdige Verhältnisse dar, unter denen wir hier jedoch nur die auf Temperatur bezüglichen besonders hervorheben, um darauf zu den chemischen überzugehen.

Wie in den Seen, Kap. V, so nimmt auch die Temperatur des Meerwassers mit der Tiefe ab. Ich übergehe frühere Beobachtungen über die Temperaturen in den Meerestiefen und verweise defshalb auf meine „Wärmelehre des Innern unseres Erdkörpers“ [1]). Es genügt hier blos Bezug zu nehmen auf die Resultate aus den sorgfältigen und umfassenden Beobachtungen von Lenz: 1) die Temperatur des Weltmeeres nimmt, von 45° N. B. bis zum Aequator, bis auf 1000 Toisen Tiefe beständig ab. Tiefen von mehr als 1000 Toisen sind noch nicht untersucht. 2) Die Abnahme der Temperatur geschieht Anfangs schleunig, wird immer langsamer und zuletzt fast unmerklich. 3) Der Punkt, wo die Abnahme unmerklich zu werden anfängt, scheint mit der gröfseren Breite höher heraufzurücken. Bei 41° und 32° B. liegt er zwischen 200 und 300 Toisen, bei 21° bei 400 Toisen. 4) Die niedrigste Temperatur, welche in der Tiefe gefunden wurde, war 1°, 76 R., und von dieser Temperatur sind ungefähr alle Tiefen, wo die Abnahme unmerklich zu werden anfängt. Diese niedrigste Temperatur rückt also nach 3) mit höherer Breite immer mehr herauf, und es wäre interessant zu beobachten, in welchen Breiten dieselbe die Oberfläche erreicht.

Die niedrigsten Temperaturen in der Tiefe des Polarmeeres sind von Irvine und Horner beobachtet worden. Jener fand am 20. Juni in 67° N. B. in 3900 Fufs

[1]) S. 142 ff.

Tiefe — 2° R., dieser im *Ochotzkischen* Meer in Tiefen von 30 bis 115 Faden — 1°,6 R. Horner vermuthet, dafs diese Temperatur. die Grenze der Erkaltung des Meerwassers ausmache [1]).

Wenn das Meer eine ruhig stehende Wassermasse wäre: so könnte die Temperatur desselben in grofsen Tiefen nie unter das Minimum der Lufttemperatur über dem Meere herabkommen. Die in tropischen Meeren in grofsen Tiefen beobachteten Temperaturen von 6°,4 und 5°,6 könnte man dann nicht erklären, da in diesen Gegenden die Lufttemperatur nie unter 15°,2 bis 16° sinkt. Gehen aber untere Strömungen von den Polen nach dem Aequator, wie die sehr bekannte Strömung vom *Cap* gegen die *brasilischen* Küsten und gegen den *Golf* von *Mexico:* so können jene in niedere Breiten in den Meerestiefen beobachteten niedere Temperaturen nicht befremden.

Da die spec. Gewichte des Meerwassers erst in der dritten Decimalstelle variiren, und sie von der Temperatur abhängig sind: so können sie über den ungleichen Salzgehalt viel weniger genau entscheiden, als die Ermittelung desselben auf chemischem Wege. Wir unterlassen es daher, die vielen Bestimmungen, welche in der 1. Aufl. B. II. S. 1548 ff. aufgezeichnet, und zu denen noch eine grofse Zahl neuerer Bestimmungen seitdem hinzugekommen sind, in dieser Auflage nochmals aufzunehmen.

A. Vogel's [2]) Analysen machten uns zuerst mit den Bestandtheilen des Meerwassers vertraut. Dieser Chemiker, von dem Gesichtspunkte ausgehend, dafs die Salze im Meerwasser so vorhanden seien, wie sie sich beim Abdampfen ausscheiden, stellt die gewifs richtige Behauptung auf, dafs es kein Chlorcalcium und kein schwefelsaures Natron enthalte, und dafs das Chlormagnesium das einzige darin vorkommende zerfliefsliche Salz sei.

Für den Geologen kann es nur Interesse haben zu wissen, welche Salze sich bei der Verdunstung des Meerwassers und in welcher Folge sie sich absetzen. In geologischer Beziehung ist Marcets [3]) Analyse des Meerwas-

[1]) A. a. O. S. 152.

[2]) Schweigger's Journ. Bd. VIII. S. 351. und Bd. XIII. S. 344.

[3]) Annals of philosophy 1823 April p. 261.

sers aus der Nähe von *Portsmouth*, worin er eine nicht unbeträchtliche Menge von kohlensaurem Kalk, aber keine kohlensaure Magnesia fand, interressant.

Eine sehr schätzenswerthe Reihe von Analysen des Wassers der *Nordsee*, des *Atlantischen Oceans* und des *Stillen* Meers (IX) lieferte v. Bibra [1]). Das Wasser wurde, wo nichts anderes angegeben ist, etwa 12 Fufs unter der Meeresfläche geschöpft. Er theilte das Kali der Schwefelsäure zu. Um jedoch diese Analysen vergleichbar mit anderen zu machen, habe ich das dem Kali entsprechende Kalium dem Chlor und die Schwefelsäure der Kalkerde und der Magnesia zugetheilt. Dadurch erhöhte sich die Menge der schwefelsauren Magnesia, während sich die des Chlormagnesium verminderte [2]). Bibra fand in den meisten Proben der eingedampften Rückstände Spuren von Phosphorsäure.

	I.	II.	III.	IV.	V.
Betrag der Salze . . .	3,44	3,47	3,84	3,28	3,68
Chlornatrium	74,20	76,05	76,89	75,80	77,20
Chlormagnesium . . .	11,04	9,00	8,05	8,87	8,09
Chlorkalium	3,80	4,00	3,33	3,68	3,72
Bromnatrium	1,09	1,15	1,30	1,23	1,20
Schwefelsaurer Kalk . .	4,72	4,60	4,94	4,54	3,94
Schwefelsaure Magnesia.	5,15	5,20	5,49	5,88	5,85
	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

	VI.	VII.	VIII.	IX.
Betrag der Salze . .	3,52	3,47	3,48	3,57
Chlornatrium	73,47	74 58	75,75	78,14
Chlormagnesium . . .	11,64	10,36	8,84	6,54
Chlorkalium	3,45	3,34	3,26	4,33
Bromnatrium	0,87	1,15	1,21	1,46
Schwefels. Kalk . . .	4,60	4,67	5,18	4,36
„ Magnesia .	5,97	5,90	5,76	5,17
„ Kali	—	—	—	—
	100,00	100,00	100,00	100,00

[1]) Annal. der Chem. u. Pharm. Bd. LXXVII. S. 90. Eine so grofse Zahl nach derselben Methode und von demselben Chemiker unternommener Analysen hat einen besonderen Werth, da sie mehr Anhaltepunkte zur Vergleichung darbietet, als die nach ungleichen Methoden von verschiedenen Chemikern ausgeführten Analysen.

[2]) Die in der 1. Aufl. unter XVI angeführte Analyse fällt aus den dort angegebenen Gründen hier weg.

I. 51°9′ N. B. 3°8′ O. L. (von *Greenwich*) *Nordsee*.
II. 20°54′ N. B. 40°44′ W. L. *Atlantischer Ocean*.
III. 41°18′ „ „ 36°28′ „ „ Desgleichen.
IV. 12° 5′ S. B. 77°14′ „ „ Hafen von *Callao*.
V. 22° 6′ „ „ 70°16′ „ „ Hafen von *Tocopilla*. (*Algodon-Bay*).
VI. 25°11′ S. B. 93°24′ W. L. *Stilles* Meer aus 420 Fuſs Tiefe.
VII. an derselben Stelle aus 12 F. Tiefe.
VIII. 56°32′ S. B. 68°47′ W. L. in der Nähe des *Cap Horn*.
IX. 0°47′ „ „ 33°20′ „ „ *Atlant. Ocean*.

Alle Analysen stimmen so nahe mit einander überein, daſs sie berechtigen, auf eine wesentlich gleiche Zusammensetzung des Weltmeers zu schlieſsen.

Weitere Mittheilungen machte v. Bibra [1]):

1) Eisen fand er in unwägbaren Spuren.

2) Kieselsäure in 100,000 Th. Meereswasser 0,001 bis 0,0005.

3) Kupfer konnte er nicht finden im Wasser der *Algodon-Bay*, obgleich die kupferreichen Minen von *Tocopilla* dicht am Meere sind und zum Theil in solcher Richtung streichen, daſs ihre Fortsetzung auf dem Meeresboden anzunehmen ist. In der Asche von Seethieren der *Algodon-Bay* fand er aber dieses Metall.

4) Durch Kalkwasser hat v. Bibra nie die Reaction von Kohlensäure in dem von ihm untersuchten Meerwassern hervorrufen können.

5) In allen Flaschen hat er beim Oeffnen zu Hause einen schwachen Geruch nach Schwefelwasserstoff bemerkt mit Ausnahme von VI und VII. Dieser Geruch verschwand indeſs nach etwa $1/4$ Stunde, wenn die Flasche offen stand.

Es findet sich die Angabe, daſs 6) der Salzgehalt des Meeres an den Küsten ein geringerer, als auf offener See sei, zwar durch den geringen Salzgehalt des Wassers aus dem Hafen von *Callao* bestätigt; auf der andern Seite wird ihr aber direct widersprochen durch das Wasser der *Algodon-Bay*. Es ist in der That nicht einzusehen, warum das Meer an einer Küste, von welcher aus sich keine süſsen Wasser in dasselbe ergieſsen, einen geringern Salzgehalt haben soll. Im Gegentheil scheint, wenn der Zufluſs von

[1]) Naturf. Gesellsch. zu *Nürnberg* H. I. S. 81.

frischem Wasser auf weitere Strecken längs der Küste fehlt, der Salzgehalt der See fast eher stärker als schwächer sein zu müssen, wenn nicht gröfsere Meeresströmungen sehr nahe der Küste stattfinden. Er glaubt, dafs die fortwährende Verdunstung des durch die Fluth auf das Ufer geworfenen Wassers während der Ebbe schon hierzu beiträgt, indem durch spätere Fluthen ein grofser Theil des Salzrückstandes wieder gelöst und in die See geführt wird.

Unweit *Callao,* dem Hafen von *Lima,* ergiefst sich der *Rimac,* und etwa 5 engl. Meilen weiter gegen Norden der *Carabaille*-Flufs in die See, und dort wurde allerdings ein geringerer Salzgehalt des Wassers vom Hafen gefunden. An den wasserleeren Gestaden von ***Bolviar*** aber, wo Tagereisen weit kein Tropfen süfses Wasser gefunden wird, wo eine bisweilen 30 Fufs hohe Brandung sich überstürzt auf dem Ausgehenden der Wüste von ***Atakama,*** und wo die grofse Sonnenhitze die Verdunstung mächtig unterstützt, ist ein gröfserer Salzgehalt der See ebenfalls nicht auffallend.

7) Ein von Bibra an einem und demselben Orte angestellter Versuch zeigt eine Zunahme des Salzgehaltes mit der Tiefe. Submarine Strömungen mögen hierbei ein nicht Unbedeutendes ausüben. Durchschnittlich aber wird ein stärkerer Salzgehalt der Tiefe gegen oben wohl überwiegend sein.

Es verdient eine besondere Beachtung, dafs die Summe der Quantitäten des Chlornatrium und des Chlormagnesium in allen Analysen v. Bibra's sich so nahe kommen, dafs die gröfste Differenz zwischen denselben nur 0,7 Proc. beträgt. Man möchte dies in der That für ein gesetzmäfsiges Verhältnifs in dem Wasser des Ocean halten.

Dies stimmt auch mit Forchhammer's frühern Untersuchungen[1]). Aus v. Bibra's Analysen ergibt sich ein mittlerer Chlorgehalt von 1,8695. Jackson[2]) fand unter 63° 18′ S. B. und 55° W. L. in 100 Fathoms (Klafter) Tiefe 2,02 Proc. Chlor und 3,509 Proc. Salze, und unter 17° 54′

---

[1]) Öfversigt af K. Vet. Acad. Förk. T. II. p. 202.

[2]) A. a. O. Jackson's Bestimmungen wurden nach dem angegebenen specif. Gewichte der untersuchten Meerwasser corrigirt.

S. B. und 112° 53′ W. L. in 450 Fathoms Tiefe 1,985 Proc. Chlor und 3,689 Proc. Salze. Forchhammer's und Jackson's Bestimmungen kommen einander sehr nahe, und sind etwas höher als das Mittel aus Bibra's Analysen.

Der an den Küsten abnehmende Salzgehalt, der bei der Bestimmung des Chlor, weil es der mehr als die Hälfte betragende Bestandtheil des Meerwassers ist, am merklichsten hervortritt, kann nur die Folge der vom Lande in das Meer strömenden süfsen Gewässer sein. Sind es auch nur kleine Inseln, aus denen sich nur kleine Flüsse in das Meer ergiefsen: so ist es doch eine stets fortdauernde Verdünnung, die das Meer dadurch erleidet, und diese Verdünnung mufs um so bedeutender werden, je weniger tief das Meer an den Küsten ist.

Nach Forchhammer variirt der Gehalt der Schwefelsäure mehr als der des Chlor.

Dieses rührt höchst wahrscheinlich davon her, dafs dem Meere durch die Flüsse bei weitem mehr schwefelsaure Salze als Chlorüre zugeführt werden, und dafs das Chlor als einfacher Körper keiner Zersetzung fähig ist[1]), während die Schwefelsäure in ihren Verbindungen mit Salzbasen durch organische Substanzen so leicht zersetzt wird; mithin an die Stelle der schwefelsauren Salze Schwefelmetalle treten[2]). Da durch diese Zersetzungen die Kalk-

[1]) Sollte auch nach den Untersuchungen von Ludwig und Theobald (Poggendorff's Ann. Bd. LXXXVII. S. 91) eine Umwandlung des Chlormagnesium in kohlensaure Magnesia durch den Einflufs von Meerespflanzen stattfinden: so würde doch das Chlor zurückbleiben. Vgl. hierüber Kap. I, 54.

[2]) Wir werden später sehen, dafs diese Zersetzung schwefelsaurer Salze ein grofsartiger Procefs im Meere ist. A. Hayes (Sillim. americ. Journ. March 1851. p. 241) untersuchte Kupfer-, Bronze-, Messing- und Silbermünzen, die lange auf dem Meeresgrunde gelegen hatten. Erstere waren mit einem krystallinischen Ueberzuge von Schwefelkupfer, oder Schwefelkupfer mit Schwefelzinn bedeckt. Von zwei Silberdollars, welche in einem an der Küste von *Cumana* untergegangenen Schiffe 35 Jahre lang in 50 bis 80 Fufs Tiefe gelegen hatten, und theils in Schlamm eingesunken, theils von einer 6 bis 12 Zoll dicken Korallenschicht bedeckt waren, hatten sich 20 und 13,39 Proc. in eine krystallinische Kruste, welche aus Schwefelkupfer, Schwefelsilber und Schwefelgold (?) bestand, umgewandelt. Die Chlorüre des Meerwas-

erde der schwefelsauren Kalkerde sich mit Kohlensäure vereinigt: so bleibt sie im Meerwasser zurück. Hieraus erklärt sich, warum Variationen der Schwefelsäure 33mal so viel betragen, als die der Kalkerde [1]).

Abstrahirt man von den sehr abweichenden Bestimmungen des Gehaltes an festen Bestandtheilen in der *Nordsee* (vergl. diese Analysen in der I. Aufl.): so fällt dieser Gehalt in den übrigen Analysen zwischen 3,26 und 3,84 Proc. Nach Darondeau [2]) fällt er im *Atlantischen Ocean*,

sers fanden sich nur als anhängende Spuren darin. Mit Recht schreibt Hayes die Schwefelung der Reduction der schwefelsauren Salze durch organische Materien zu.

Ebenso wie Metalle in Schwefelmetalle, so können sich unzweifelhaft auch Metalloxyde und Metallsalze in Schwefelmetalle im Meere umwandeln. Was also ihm von solchen Substanzen durch die Gewässer zugeführt wird, wird eine solche Umwandlung erleiden, und so begreift man die Entstehung von Schwefelmetallen in sedimentären Gesteinen, wie z. B. des Schwefelkupfers mit Schwefelsilber im Zechstein und des Bleiglanzes im bunten Sandstein.

[1]) Chlor und Schwefelsäure können im Meerwasser mit großer Genauigkeit bestimmt werden. Zur Bestimmung des ersteren mittelst salpetersaurem Silberoxyd ist das Abdampfen desselben nicht nöthig; ein Verlust an Chlor kann daher nicht stattfinden. Das theilweise Abdampfen des Meerwassers, um die schwefelsauren Salze etwas zu concentriren und die Schwefelsäure durch Chlorbaryum vollständig niederzuschlagen, führt wiederum keinen Verlust an dieser Säure herbei. Vollständige Analysen des Meerwassers erfordern viel Zeit und Sorgfalt; eine Abkürzung des Verfahrens ist daher sehr wünschenswerth. Durch die vielen und zum Theil mit großer Sorgfalt ausgeführten Analysen von Meerwasser ist, in Beziehung auf die Hauptbestandtheile, dessen qualitative und selbst dessen quantitative Zusammensetzung so genau bekannt, daß durch weitere vollständige Analysen nicht sehr viel mehr zu erreichen ist. Weitere Untersuchungen können in geologischer Beziehung nur den Hauptzweck haben, die Verschiedenheiten oder Aehnlichkeiten des Meerwassers in verschiedenen Gegenden und in verschiedenen Tiefen zu ermitteln, und dazu reicht die quantitive Bestimmung des Chlor und der Schwefelsäure ziemlich hin. Diese fordert aber so wenig Zeit und Mühe, daß jeder Chemiker, wenn ihm auch von einem Weltumsegler hundert Wasserproben aus den verschiedensten Gegenden dargebracht werden sollten, diese Bestimmungen in nicht sehr langer Zeit mit aller Genauigkeit vollenden könnte. Daher kann nur gewünscht werden, daß Untersuchungen nach diesem Gesichtspunkte sehr vervielfältigt werden.

[2]) A. a. O.

Stillen Meer, *Golf* von *Bengalen* und im *Indischen* Meer zwischen 3,218 und 3,669 Proc. Schliefst man diese Bestimmung mit ein: so ist das Minimum = 3,218 und das Maximum 3,84 und die Differenz = 0,622 Proc. Diese Differenz macht ungefähr den sechsten Theil des gröfsten Gehaltes des Meerwassers aus. Nach meinen und v. Bibra's Bestimmungen fällt auch der Gehalt der *Nordsee* innerhalb jener Grenzen.

Der ungleiche Gehalt an festen Bestandtheilen findet seine Erklärung in der ungleichen Verdunstung in verschiedenen Breitengraden, in dem Schmelzen grofser Eismassen in den Polarzonen und in dem Zuflufs grofser Ströme. Die Unterschiede in diesem Gehalte würden noch bedeutender sein, wenn nicht durch die Ebbe und Fluth und durch verschiedene Strömungen, namentlich durch die grofse Aequatorial-Strömung, die Wasser beständig fort mit einander gemischt würden.

Noch viel bedeutender treten die Differenzen im Betrage der Salze der eingeschlossenen Meere (Binnenmeere) hervor, wenn man diesen mit dem der vorstehenden Analysen vergleicht. Es sind nur vier Binnenmeere, deren Wasser analysirt wurden [1]).

Mittelländisches Meer.

	I.	II.	III.	IV.	V.
Betrag der Salze . .	3,69	4,07	2,91	3,43	3,77
Chlornatrium	68,02	66,81	76,73	76,33	78,14
Chlormagnesium . . .	14,23	15,07	8,90	8,82	8,55
Chlorkalium	—	0,03	2,86	3,24	1,34
Bromnatrium	—	—	—	—	1,48
Schwefels. Kalk . . .	0,41	0,37	2,07	2,60	3,60
„ Magnesia .	16,93	17,23	9,44	9,01	6,58
Kohlens. Kalk . . .	} 0,41	0,02	—	—	0,30
„ Magnesia . .		0,47	—	—	—
Eisenoxyd	—	—	—	—	0,01
	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

[1]) Die Analysen des *Schwarzen* und des *Asowschen* Meers haben wir oben (S. 308. Kap. V) angeführt. In dem Folgenden theilen wir zur leichteren Vergleichung mit der Zusammensetzung des Oceans, die Mengen ihrer Bestandtheile, nach Procenten des Betrags der Salze, nochmals mit.

I. Einige Meilen von *Marseille* nach A. Vogel[1]).
II. Nach Laurens[2]).
III. Aus den Lagunen von *Venedig* nach Calamai[3]).
IV. Aus dem Hafen von *Livorno* nach demselben.
V. In der Nähe von *Cette,* 3000 bis 4000 Meter vom Ufer und in 1 Met. Tiefe, nach Usiglio[4]).

Abstrahiren wir von den Analysen I und II, welche gewifs fehlerhaft sind, so zeigen III, IV und V eine dem Wasser des *Ocean* so nahe kommende Zusammensetzung, dafs man eine wesentliche Verschiedenheit zwischen diesem und dem Wasser des *Mittelländischen* Meeres nicht erkennen kann. In den Lagunen von *Venedig* zeigt sich eine Verdünnung des Meerwassers durch die einströmenden Flüsse. Der Betrag der Salze in IV und V kommt aber ganz überein mit dem im *Ocean*[5]).

Aus dem *Schwarzen* und *Atlantischen* Meer strömt fortwährend Wasser in das *Mittelländische* Meer. Das *Schwarze* Meer enthält nur 1,77 Proc., das *Atlantische* gleichfalls weniger Salze als das *Mittelländische* Meer. Viele Flüsse und darunter der bedeutende *Nil* führen süfses Wasser in dasselbe. Da mithin von allen Seiten salzarmes Wasser in dieses Meer gelangt, und es dennoch salzreicher als andere Meere ist: so mufs es sich durch Verdunstung concentrirt haben und wird sich noch fortwährend concentriren. Diese starke Verdunstung ist den heifsen und trocknen Winden von den Küsten *Afrika's* zuzuschreiben[6]).

---

[1]) Schweigger's Journ. Bd. VIII. S. 344.

[2]) Journal der Pharmacie Bd. XXI. S. 93.

[3]) Gazzetta Toscana delle scienze medico-fisiche 1847. p. 113.

[4]) Compt. rend. T. XXVII. p. 429. und Ann. de Chim. et de Phys. T. XXVII. p. 92 u. 172.

[5]) Hinsichtlich des in grofsen Tiefen gefundenen bedeutenden Salzgehaltes des *Mittelländischen* Meeres verweisen wir auf Kap. XVIII.

[6]) Wie bedeutend die Verdunstung in warmen Climaten ist, zeigt unter anderen das *Todte* Meer, wovon im Kap. XVIII die Rede sein wird.

	I.	II.	III.	IV.
Betrag der Salze . . .	1,77	1.19	1.40	1,77
Chlornatrium	79,39	81,30	3,93	84,70
Chlormagnesium . . .	7,38	7,47	—	9,73
Chlorkalium	1,07	1,08	4.65	—
Brommagnesium . . .	0,03	0.03	—	—
Schwefels. Kalk . . .	0,60	2,42	3,99	0,13
„ Magnesia . .	8,32	6,43	23,30	4,96
Kalkbicarbonat . . .	2,03	0,18	2,67	0,40
Magnesiabicarbonat .	1,18	1,09	1,46	0.08
	100,00	100,00	100.00	100,00

I. *Schwarzes* Meer nach Göbel.
II. *Asowsches* Meer nach demselben.
III. *Kaspisches* Meer nach Mehner, Kap. V. S. 308.
IV. *Ostsee* nach Pfaff[1]).

Im Allgemeinen kommt I und II der Zusammensetzung des *Mittelländischen* Meeres so nahe, dafs man das *Schwarze* und das *Asowsche* Meer als ein durch süfses Wasser verdünntes Wasser jenes Meeres betrachten kann. Die so überaus geringe Menge schwefelsaurer Kalkerde in I ist nicht zu erklären, und um so weniger, da sich der Gehalt dieses Salzes in II ziemlich dem im *Mittelländischen* Meere nähert. Eine Wiederholung dieser Analysen, womit die des Wassers des *Don* zu verknüpfen wäre, ist sehr zu wünschen.

Auch die *Ostsee* ist als ein durch süfses Wasser verdünntes Meerwasser zu betrachten. Beachtet man, dafs sich die Flüsse *Polens, Kurlands, Lieflands, Estlands, Finlands* und *Schwedens*, die *Oder*, die *Weichsel* und die *Newa* in die *Ostsee* ergiefsen, und dafs dieses Binnenmeer im Verhältnisse zu den grofsen Wassergebieten seiner Flüsse wenig bedeutend erscheint: so kann sein geringer Gehalt an festen Bestandtheilen nicht im mindesten befremden. Unmöglich kann aus der *Ostsee*, besonders wegen ihrer Lage in höheren Breiten, so viel Wasser verdunsten, als ihr durch die Flüsse zugeführt wird. Es mufs sogar auffallend erscheinen, dafs ihr Gehalt mit dem des *Schwarzen* Meers

[1]) Schweigger's Journ. Bd. XXII. S. 271.
Eine Analyse des Ostseewassers von Trapp, welche indefs nicht sonderlich zuverlässig erscheint, im Jahresber. f. 1852. S. 752.

übereinkommt, welches doch in niederen Breiten als die *Ostsee* liegt. Im Allgemeinen findet aber eine Strömung aus der *Ostsee* durch das *Kattegat* nach der *Nordsee* statt, und dieser Strömung entspricht nach Patton[1]) ein Unterstrom in entgegengesetzter Richtung. Wenn schon dadurch eine Vermischung des salzärmeren Wassers der *Ostsee* mit dem salzreicheren der *Nordsee* stattfindet: so wird noch mehr von diesem Wasser der *Ostsee* nach anhaltenden nordwestlichen Stürmen, besonders während der Sturmfluthen, zugeführt. Das *Atlantische* Meer steigt, dringt in die *Ostsee* und bringt schreckliche Zerstörungen in den Inseln des *dänischen* Archipelagus hervor. Diese Strömungen zeigen ihre Wirkungen, obgleich in vermindertem Grade, selbst noch in der Nähe von *Danzig*[2]).

Dafs, ungeachtet so oft wiederholter Vermischungen des Wassers der *Nordsee* mit dem der *Ostsee*, der Salzgehalt in dieser, welcher nur ungefähr halb so viel beträgt als in jener, doch nicht steigt, ist ein evidenter Beweis, dafs dieser geringe Salzgehalt eine Folge der Zuführung süfsen Wassers durch die in die *Ostsee* sich mündenden Flüsse, und der geringen Verdunstung aus diesem Binnenmeer ist.

Alle Substanzen, welche die Gewässer aus den Gesteinen auflösen, müssen sich im Meerwasser wieder finden; denn mit Ausnahme einiger Seen, die keinen Abflufs haben, gelangen alle Gewässer in das Meer. Es ist auch, und namentlich in der neueren Zeit gelungen, mehrere dieser Substanzen im Meerwasser nachzuweisen. (Vgl. Forchhammer's unten (S. 439) folgende Abhandlung.)

Während der ganzen sedimentären Periode vom Uebergangsgebirge bis zu den tertiären Formationen hat sich, wenn auch nicht an allen Orten, Steinsalz abgesetzt. Kann man nun annehmen, dafs dieser Absatz aus dem Meere erfolgt sei: so mufsten dadurch demselben ungeheuere Quantitäten Kochsalz entzogen worden sein. Die bekannten Steinsalz-Lager können keinen Maafsstab zur Schätzung des in den

[1]) Edinb. Philos. Journ. N. VIII. p. 245.

[2]) von Hoff, Geschichte der Veränderungen der Erdoberfläche Bd. I. S. 73.

sedimentären Formationen enthaltenen Kochsalzes geben; denn jährlich werden neue Lager erbohrt, und es ist gar nicht abzusehen, welche grofse Verbreitung derselben in der Folge noch bekannt werden wird.

Von dem Steinsalz, welches in reinen Lagern vorkommt, wird durch die Flüsse nur wenig wieder in das Meer zurückgeführt. (Vgl. Kap. XVIII.) Das Kochsalz, welches dem Meere zugeführt wird, kann daher nur von demjenigen herrühren, welches in geringen Mengen in den Gesteinen enthalten ist und von den sie durchdringenden Gewässern aufgelöst wird. Dies kann aber unmöglich ein Aequivalent der mächtigen Steinsalzlager sein, welche sich während der ganzen sedimentären Periode aus dem Meerwasser abgeschieden haben. Während dieser Periode kann daher der Gehalt an Kochsalz im Meere nicht zugenommen, sondern er mufs abgenommen haben.

Der Salzgehalt im Meere mufs wenigstens eben so alt sein, als die Ablagerung des Uebergangsgebirges. Zustände und Verhältnisse besprechen zu wollen, wie sie vor dem Absatze des Uebergangsgebirges auf Erden stattgefunden haben, geht über unsern Horizont hinaus.

Wenn einstens die sedimentären Gesteine, welche die reinen Steinsalzlager bedecken, durch die Gewässer fortgeführt worden sein werden, und diese Zutritt zu den Steinsalzlagern erhalten: so wird ihr Kochsalz wieder in das Meer gelangen. Dies kann aber nur dann stattfinden, wenn die Steinsalzlager über der Meeresfläche liegen; denn die unter derselben gelegenen, wie z. B. bei *Artern*, *Stafsfurth* und *Schöningen*, welche 562, 576 und 1350 Fufs unter dem Meeresspiegel erbohrt wurden, würden zwar durch die in sie dringenden Gewässer aufgelöst werden, aber es würden sich Salzseen bilden, aus denen das Salzwasser nur dann in das Meer gelangen könnte, wenn ihr Wasserspiegel über den des Meeres gestiegen wäre.

Der Gyps, welcher dem Meere durch die Flüsse zugeführt wird, kann nicht von den mit Steinsalz wechselnden Gyps- und Anhydrit-Lagern herrühren; denn eben so wenig als jenes, sind diese den Gewässern zugänglich. Wir müssen daher schliefsen, dafs vor dem Absatze jener Lager das Meerwasser sowohl an Kochsalz, als an schwefelsaurem

Kalk reicher war als jetzt. Mehr als ungefähr das Dreifache von dem jetzigen Gehalte der schwefelsauren Kalkerde kann aber nie im Meerwasser enthalten gewesen sein; denn dann wäre es mit diesem Salze gesättigt gewesen.

Durch den Absatz des reinen Steinsalzes und des Gypses wurden dem Meerwasser fast nur diese Salze entzogen; denn die Analysen des ersteren enthalten nur ganz unbedeutende Mengen von Chlormagnesium, manchmal gar keines (Kap. XVIII). Mit Ausnahme des Steinsalzes in drei Fundorten findet sich in demselben auch keine schwefelsaure Magnesia. Diese beiden Magnesiasalze sind daher nach dem Absatze des reinen Steinsalzes gröfstentheils in dem Meerwasser zurückgeblieben. Da sich in den Flufswassern Chlormagnesium nicht selten findet[1]): so mufs es auch in den Gebirgsgesteinen enthalten sein; in den sedimentären Gesteinen, welche sich aus dem Meerwasser abgesetzt haben, kann es nur von diesem herrühren. Wir haben schon auf den bedeutenden Gehalt an schwefelsaurer Magnesia in mehreren Flüssen aufmerksam gemacht (S. 283). Dieses Salz mufs daher in noch bedeutenderen Mengen in Gebirgsgesteinen enthalten sein, als das Chlormagnesium und diejenige schwefelsaure Magnesia, welche die Gewässer aus sedimentären Gesteinen des Meeres extrahiren, kann gleichfalls nur von diesem herrühren.

Wenn daher diese Magnesia-Salze in dem Meere, aus dem sich Steinsalz und Gyps abgesetzt hatten, relativ zunehmen mufsten: so zeigt auf der andern Seite ihre Gegenwart im unreinen Steinsalze, welches meist das reine bedeckt, und in den sedimentären Gesteinen, dafs ein Theil derselben dem Meerwasser durch den späteren Absatz der Kalk-, Sand- und Schiefer-Gesteine gleichfalls entzogen wurde. Diese Magnesia-Salze wurden daher und werden noch dem Meere wieder zugeführt.

Ueberdies sind es diese Bestandtheile der Flufswasser,

---

[1]) Man würde es wahrscheinlich noch häufiger finden, wenn es nicht bei der chemischen Analyse der Flufswasser so schwierig wäre zu entscheiden, ob geringe Mengen der gefundenen Magnesia dem Chlor oder der Schwefelsäure oder der Kohlensäure zuzutheilen sind.

welche, nebst dem schwefelsauren Kalk, beständigen Zersetzungsprocessen durch die von den Quellen aus den Gebirgsgesteinen aufgenommenen kohlensauren Alkalien unterliegen, wodurch Chlornatrium, Chlorkalium und erdige Carbonate entstehen. Während sich dadurch die löslichen Magnesia- und Kalk-Salze beständig vermindern, vermehren sich auf der andern Seite diese alkalischen Salze, und die ursprünglichen Verhältnisse zwischen den verschiedenen Bestandtheilen des Meerwassers werden auf diese Weise theilweise wieder hergestellt.

Die Menge der jetzt noch im Meere befindlichen Salze und namentlich der vorherrschenden ließe sich, da sie in ziemlich constanten Verhältnissen darin enthalten sind, approximativ berechnen, wenn die mittlere Meerestiefe bekannt wäre.

Aus den vorstehenden Betrachtungen ergibt sich, daß die festen Bestandtheile des Meerwassers seit seiner Entstehung einem beständigen Kreislaufe unterworfen waren, und daß dieser Kreislauf immer fortdauern wird. Die jetzt noch im Meerwasser aufgelösten fixen Bestandtheile scheinen daher schon ursprünglich, wenn auch in anderen Verhältnissen, vorhanden gewesen zu sein. Vgl. 1. Aufl. B. I. S. 571 ff., wo ich den Versuch gemacht habe, numerische Verhältnisse in Beziehung auf die dem Meere durch die Flüsse zugeführten Bestandtheile zu ermitteln.

Die Resultate der frühern Untersuchungen Forchhammers über die chemischen Verhältnisse des Meerwassers finden sich in der I. Aufl. B. II. S. 1555 ff. Seit dem Erscheinen derselben setzte dieser treffliche Forscher seine Untersuchungen mit unermüdlichem Fleiße fort. Es erschien mir als ein wohlbegründeter Wunsch, von Forchhammers eigener Hand eine Zusammenstellung der Resultate dieser neuern Untersuchungen zu erhalten. Mit zuvorkommender Güte erfüllte mein verehrter Freund diesen Wunsch, wofür ich ihm meinen verbindlichsten Dank öffentlich abstatte. Im Nachstehenden folgt diese Arbeit als ein für sich bestehendes, dieses Kapitel zierendes Ganzes.

Forchhammer in *Kopenhagen* hat seine Untersuchungen über das Meerwasser und die damit in unmittelbarer Verbindung stehenden Verhältnisse fortgesetzt und

im Wesentlichen abgeschlossen. Diese Arbeiten finden sich in unten stehenden Abhandlungen [1]).

Die Arbeit theilt sich in zwei wesentlich verschiedene Theile, indem die erste Abtheilung Untersuchungen über die einzelnen im Meerwasser vorkommenden Grundstoffe enthält, mit Angabe der Methoden, welche benutzt worden sind um dieselben im Meerwasser aufzufinden, während die zweite Abtheilung Untersuchungen enthält über die Verhältnisse dieser verschiedenen Stoffe in den einzelnen Theilen des Weltmeers. Diese Abtheilung theilt sich wieder in zwei wesentlich verschiedene Parthien, nämlich die Vergleichung des Meerwassers an der Oberfläche und die Vergleichung desselben in verschiedenen Tiefen.

Forchhammer rechnet folgende Bestandtheile:

1) Sauerstoff als Bestandtheil des Wassers und der mehrsten in demselben vorkommenden Verbindungen. Er findet sich ferner als absorbirter Sauerstoff im Meerwasser und spielt als solcher eine grofse Rolle sowohl beim Athmungsprocesse der meisten Meerthiere, als bei der langsamen Oxydation der im Wasser aufgelösten oder darin schwebenden leblosen organischen Verbindungen.

---

[1]) G. Forchhammer: Om Söevandets Bestanddeelen, deres Fordeeling i Havet. 4. Kjöbenhavn 1859.

— — Bidrag til Skildringen of Danmarks geographiske Forhold i deres Afhængighed af Landets indre geognostiske Bygning. Kjöbenhavn 1858.

— — Om Söevandets Sammensætning og dets Bestanddeelen i Nord-og Oestersöen (Oversigt over Videnskabernes Selskabs Arbeider i Aaret 1845 pag. 24 og fölgden).

— — Undersögelser over Metaller i Havets Dyv og Planter (Oversigt o. V. S. Arbeider i Aaret 1855 pag. 389 og flgde.)

— — Om Saltholdigheden af Vandet i Sundet (Oversigt o. V. S. Arbeider i Aaret 1858. pag. 61 og flgde).

— — Nye Undersögelser over Vandet i Middelhavet. (Oversigt o. V. S. Arbeider i Aaret 1861).

— — Undersögelser over Borsyrens Fornkomst i Söevandet. ibid.

— — Untersögelser over Leerjordens Fornkomst i Söevandet. ibid.

— — Ueber die Bestandtheile des Meerwassers, seine Strömungen u. s. w.

Bericht über die Verhandlungen der 24. Versammlung Deutscher Naturforscher und Aerzte in Kiel im Jahre 1846.

2) Wasserstoff findet sich sowohl als Bestandtheil des Wassers als in den im Wasser aufgelösten organischen Stoffen.

3) Chlor macht nächst den Bestandtheilen des Wassers die gröfste Menge der im Meere vorkommenden Stoffe aus.

4) Brom, wie bekannt aus den Mutterlaugen beim Eindampfen des Meerwassers gewonnen.

5) Jod, wie bekannt in den Tangen und namentlich den breitblätterigen (Laminarien) vorkommend. Da die Tange keine Wurzeln haben und keine Nahrung aus den Gegenständen, woran sie sich befestigen, saugen können, so müssen sie das Jod aus dem Meerwasser sammeln können.

6) Fluor ist schon von Dana in den kalkigen Korallstöcken entdeckt und läfst sich mit gröfster Leichtigkeit in dem Niederschlage nachweisen, den Ammoniak in der salzsauren Auflösung dieser Korallstöcke hervorbringt. Forchhammer hat es unmittelbar in Meerwasser bestimmt, indem er 100 Pf. desselben aus dem *Sunde* bei *Kopenhagen* eindampfte, bis die Salzkrystalle anfingen sich auszuscheiden, dann die Flüssigkeit mit Ammoniak fällte, den Niederschlag mit Salmiak digerirte und das zurückbleibende Pulver sammelte und glühte. Es bestand aus phosphorsaurem Kalk und Fluorcalcium und wog 3,1 Gran. Auch in dem Kesselstein der englischen, transatlantischen Dampfschiffe konnte er leicht Fluor nachweisen.

7) Schwefel. Dieser Stoff findet sich als Schwefelsäure in bedeutender Menge im Meerwasser, und dieses, wenn es auf dem hohen Meer geschöpft ist und nicht zufälligerweise Schwärme von mikroscopischen Thieren sich darin finden, hält sich auf Flaschen während einer unbegrenzt langen Zeit. Der Verfasser hat solches Meerwasser 15 Jahre lang in wohl verstopften Flaschen aufbewahrt ohne dafs sich die geringste Spur von Schwefelwasserstoff darin entwickelte. In der Nähe der Küsten dagegen, im Bereich der Mündung gröfserer Ströme, oder wo mikroscopische Meeresthiere oder Meerespflanzen vorkommen, tritt auf Flaschen bald eine Gährung ein, die Schwefelsäure wird zersetzt und das Wasser enthält jetzt mehr oder weniger Schwefelwasserstoff. Die gröfste Menge fand Forchhammer in Wasser, welches nicht weit von der Mündung

des *Platastroms,* von dem englischen Seecapitain Prevost geschöpft war. 3000 Gran desselben entfärbten 455 Tropfen einer Auflösung von übermangansaurem Kali, während dieselbe Menge Meerwasser aus dem hohen Meere nur 4—6 Tropfen derselben Auflösung des übermangansauren Salzes entfärbten. Inzwischen war selbst in diesem Meerwasser nur eine geringe Menge Schwefelsäure zersetzt, denn während das mittlere Verhältnifs von Chlor- und Schwefelsäure wie 100: 11,89 ist, war es in dieser Probe wie 100: 9,11. Sonderbarerweise war eine Probe, die Sir James Ross im Jahre 1841 unter 77° 32′ S. B. in der Nähe der grofsen Eisbarriere geschöpft hatte und wo der berühmte Seefahrer ausdrücklich bemerkt hatte, dafs es Thierchen enthielte, durchaus nicht zersetzt, als ich es im Jahre 1859 analysirte und zeigte keine Spur von Schwefelwasserstoff. Es war trübe und 3000 Gran desselben unfiltrirten Wassers entfärbte 540 Tropfen derselben Auflösung des übermangansauren Kali, während das filtrirte Wasser 117 Tropfen des Mangansalzes entfärbte. Es war also eine grofse Menge organischen Stoffes zugegen. Das Verhältnifs von Chlor- und Schwefelsäure war 100 : 11,65, welches ungefähr das mittlere Verhältnifs im Meerwasser der Südpolargegenden ist; im patagonischen Kaltwasserstrom nämlich als Mittel aus 6 Beobachtungen zwischen 38° 54′ S. B. und 57° 27′ S. B. ist das Verhältnifs 11,78.

8) Phosphor als Phosphorsäure ist ein nie fehlender Bestandtheil des Meerwassers, welche in Verbindung mit Kalk zurückbleibt, wenn man das Meerwasser zur Trockene verdampft, auflöst und mit kochendem Wasser wäscht bis der schwefelsaure Kalk weggewaschen ist. Dieser Rückstand besteht aus phosphorsaurem Kalk, kohlensaurem Kalk, Fluorcalcium, schwefelsaurem Baryt und Strontian und Kieselerde und enthält wahrscheinlich auch eine geringe Menge borsauren Kalks oder Magnesia. Wenn man den Rückstand in Salzsäure auflöst, gibt molybdänsaures Ammoniak den bekannten gelben Niederschlag und bei der Feinheit des Reagens ist $\frac{1}{2}$ Pfd. Meerwasser hinreichend um darin die Phosphorsäure nachzuweisen. Aus dem oben angeführten Rückstande kann man, wenn man ihn mit Kali umschmilzt und mit Wasser befeuchtet, Phosphorwasserstoff entwickeln. Wenn

man das durch Einkochen gewonnene Salz aus 10 Pfd. Meerwasser im Platintiegel schmilzt und dasselbe erst mit Wasser, dann mit Salmiakauflösung und danach wieder mit Wasser wäscht, kann man in dem Rückstande unter dem Mikroscop sehr schön ausgebildete 6seitige Prismen von Apatit erkennen.

9) Kohlenstoff findet sich im Meerwasser theils als freie Kohlensäure, theils, doch in äufserst geringer Menge, als Kohlensäure verbunden mit Kalk, theils in Verbindung mit Sauerstoff, Wasserstoff und Stickstoff, die nie im Meerwasser fehlen, weil dasselbe immer übermangansaures Kali reducirt, obgleich im Allgemeinen nur in sehr geringer Menge.

10) Stickstoff. Wenn man Meerwasser mit Barytwasser oder einer Auflösung von reinem Natron kocht, so enthält das Destillat eine geringe Menge Ammoniak, welches man durch Salzsäure und Chlorplatin nachweisen kann.

11) Kiesel, als Kieselsäure. In dem ausgewaschenen Rückstand vom Eindampfen von Meerwasser bleibt Kieselsäure zurück, wenn man ihn mit Salzsäure digerirt und man kann sich sowohl vor dem Löthrohre mit Phosphorsalz, als durch Verdampfen mit Flufssäure von ihrer Gegenwart überzeugen. In den Schaalen der Muscheln und Schnecken, so wie in den Stöcken der Korallen pflegt etwas Kieselsäure gesammelt zu sein. In den Meerschwämmen dagegen findet sie sich in sehr grofser Menge und namentlich in dem grofsen Becherschwamm aus den ostindischen Gewässern in einer solchen Menge, dafs der Schwamm nach dem Verbrennen der organischen Bestandtheile vollkommen seine Form und seinen Zusammenhang behält.

12) Bor, als Borsäure. Forchhammer hatte lange und wiederholt gesucht, die Borsäure im Meerwasser zu entdecken, indem er, sich auf die Auflöslichkeit der borsauren Salze stützend, annahm, dafs das Regenwasser von der Oberfläche des trockenen Landes Borsäure zuführen müsse, welche eben wegen der Auflöslichkeit der borsauren Erden nicht aus dem Meere ausgeschieden, sondern darin angesammelt werden müsse. Diese Vermuthung

wurde in spätern Zeiten gestärkt durch die Entdeckung von borsauren Salzen in Verbindung mit eingetrocknetem Meerschlamm in abgeschlossenen Bassins, wie z. B. des Stafsfurthits [1]). Alle Versuche waren indessen vergeblich, bis es ihm gelang eine in Wasser und schwächeren Säuren unauflösliche basische Verbindung von Borsäure und Magnesia darzustellen. Seine Methode war folgende: 10 Pfd. vom Wasser des *Sundes* bei *Kopenhagen* wurden verdampft bis zur Trockene und die gesammte unreine und gemischte Salzmenge wurde in einem Platintiegel geschmolzen. Nachdem das Salz aus dem Kuchen durch Wasser ausgewaschen war, blieb ein unter dem Mikroscop durchaus krystallinisches Pulver zurück. Mikroscopisch näher untersucht bestand die überwiegende Menge aus Gypskrystallen, welche verschwanden, wenn das Pulver mit heifsem Wasser so lange ausgewaschen wurde, als es noch auf Schwefelsäure reagirte. Jetzt waren die überwiegenden, unterm Mikroscop beobachteten Krystalle, ganz kleine, regelmäfsige Octaeder. Eine nähere Untersuchung zeigte, dafs es reine Magnesia, Periclaskrystalle waren, welche durch Zersetzung der salzsauren Magnesia des Meerwassers in der Schmelzhitze entstanden waren. Nach einer 24stündigen Digestion mit Salmiakauflösung waren die octaedrischen Krystalle verschwunden, nun traten sehr regelmäfsige, scharfe, sechsseitige Prismen von Apatit und monoklinoedrische Prismen stark hervor. Beide Salze wurden in Salzsäure aufgelöst und mit Schwefelsäure versetzt, im Dampfbade eingedampft. Sie zeigten nun in 60 procentischem Weingeist aufgelöst, mit Kurcumapapier die Reactionen der Borsäure, und der Weingeist brannte mit den bekannten grünen Rändern. Es wurden selbst nach dem Verdampfen des Weingeistes in schwacher Wärme kleine Blättchen erhalten, welche das Aussehen der krystallisirten Borsäure hatten. Nach der Auflösung der borsauren und phosphorsauren Salze blieben Krystalle unaufgelöst, welche unter dem Mikroscop gelbe, sehr spitze, regelmäfsige 6seitige Pyramiden zu sein schienen. Sie widerstanden hartnäckig der Einwirkung der Säuren; mit kohlensaurem Natron geschmolzen und mit Wasser ausgewaschen löste der Rückstand sich in Salzsäure auf und zeigte nun Thonerde und Eisenoxyd.

Dies ist der einzige Beweis, den Forchhammer gefunden hat für die Existenz der aufgelösten Thonerde im Meerwasser.

Der Verfasser hat, nachdem die Borsäure auf diese Weise als ein Bestandtheil des Meerwassers constatirt war, dieselbe in dem Fucus vesiculosus und der Zostera marina nachgewiesen. In der erstern Pflanze findet sie sich nur in geringer Menge, in der letztern dagegen in solcher Menge, dafs, nachdem man aus der Asche die im Wasser auflöslichen Salze ausgezogen und den Rückstand mit Schwefelsäure stark angesäuert hatte, die Borsäure unmittelbar durch Kurcumapapier und Flammenreaction erkannt werden kann. Sie ist in der Asche wahrscheinlich mit Magnesia verbunden, denn durch Auflösung und Auskrystallisirung der ausgelaugten und mit Schwefelsäure angesäuerten Zostera-Asche erhält man eine grofse Menge schwefelsaure Magnesia. Man kann die Borsäure fast rein erhalten, wenn man die ausgelaugte und mit Schwefelsäure versetzte Asche einer Destillation mit überhitzten Wasserdämpfen bei einer Temperatur von 300—400° unterwirft. Sie krystallisirt dann selbst in Blättchen in der Ableitungsröhre des Destillirgefäfses. Der Verfasser hat Borax daraus dargestellt.

13) Silber kommt ohne Zweifel im Meerwasser als Chlorsilber vermittelst des Chlornatriums aufgelöst vor. Forchhammer hat dasselbe nicht unmittelbar im Meerwasser entdecken können, es dagegen in dem kohlensauren Kalk der niedrigen Meerthiere gefunden, wie schon Malagutti gezeigt hat. Der Verfasser hat es auf folgende Weise aus der Pocillopora alcicornis ausgeschieden. Man löst die Kalkkoralle in Salzsäure auf, wobei man einen bedeutenderen Ueberschufs von Salzsäure vermeidet; fällt darauf durch Schwefelammonium, sammelt und wäscht den Niederschlag aus Schwefelmetallen, phosphorsaurem Kalk und Fluorcalcium, der dann mit sehr verdünnter, kalter Salzsäure ausgezogen wird. Hiedurch wird Alles aufgelöst mit Ausnahme der Schwefelverbindungen von Blei, Kupfer und Silber. Die Schwefelmetalle werden mit Salpetersäure und ein paar Tropfen Salzsäure zur Trockene verdampft und in Wasser aufgelöst, wobei schwefelsaures Bleioxyd und Chlorsilber unaufgelöst bleiben. Nachdem das ausge-

waschene Filter verbrannt ist, befindet sich das Silber in metallischem Zustande und man löst nun das schwefelsaure Blei durch Aetznatron. Nachdem das Filter mit dem Silber verbrannt ist, löst man das Metall in Salpetersäure auf und zeigt die Gegenwart des Silbers durch Salzsäure. $1^1/_4$ Pfund Pocillopora alcicornis gab dem Verfasser vollkommen deutliche Spuren von Silber.

14) Kupfer ist auch bis jetzt noch nicht unmittelbar im Meerwasser entdeckt, allein es kommt so allgemein verbreitet in den Kalkaussonderungen der Meerthiere und der Asche der Meerpflanzen vor, dafs man es mit grofser Leichtigkeit durch die bekannten Reactionen entdecken kann. In der von Sir James Ross mitgebrachten unklaren Probe von Meerwasser von 77° 33′ S. B. konnte in dem auf dem Filter gesammelten gelbgrünen Stoff, der also von Thierchen herrührte, die im Wasser lebten als derselbe geschöpft wurde, nach der Einäscherung das Kupfer mit Leichtigkeit nachgewiesen werden. Diese Bestimmung wurde stets so ausgeführt, dafs man die salzsaure Auflösung der Kalkausscheidung oder der Aschen durch Schwefel-Ammonium fällte, den Niederschlag mit sehr verdünnter, kalter Salzsäure digerirte, den Rückstand verbrannte, abermals mit Salzsäure auszog und die Auflösung mit Ammoniak übersättigte. Die Auflösung gab dann mit dem gewöhnlichen Kaliumeisencyanür die bekannte rothbraune Färbung und einen Niederschlag von derselben Farbe.

15) Blei. Was ich über das Vorkommen des Kupfer in den Ausscheidungen von Pflanzen und Thieren angeführt habe, gilt auch für Blei, welches indessen in bedeutend gröfserer Menge vorkommt als Kupfer. Die Ausscheidung geschieht wie beim Kupfer, nur mit dem Unterschiede, dafs der unauflösliche Rückstand, nachdem man den Niederschlag durch Schwefelammonium mit verdünnter Salzsäure verbrannt und in Salzsäure aufgelöst hat, mit einem Ueberschufs von kaustischem Natron kocht und mit Schwefelwasserstoff aus der filtrirten Auflösung fällt. Aus diesem Schwefelblei kann man leicht metallisches Blei vor dem Löthrohre reduciren und unauflösliches, schwefelsaures Bleioxyd darstellen.

16) Zink ist ebensowenig als die eben angeführten Metalle unmittelbar im Meerwasser entdeckt; dagegen findet es sich in den Meerpflanzen in verhältnifsmäfsig bedeutender Menge und namentlich hat Forchhammer es aus Zostera marina und Fucus vesiculosus ausgeschieden.

17) Kobalt kommt gleichfalls in den Meerpflanzen vor, deren Asche man behandelt wie beim Kupfer angeführt ist. In dem Rückstande des mit verdünnter Salzsäure behandelten Niederschlags durch Schwefelwasserstoff sind aufser Kupfer und Blei auch Kobalt und Nickel enthalten. Glüht man diese Schwefelmetalle, löst die Oxyde in Salzsäure auf und versetzt sie mit Schwefelwasserstoff, so werden Blei und Kupfer ausgeschieden und Kobalt und Nickel bleiben in der Auflösung, aus welcher man sie durch Schwefelammonium ausscheiden kann. Die braune Farbe dieser Auflösung deutet auf Nickel und in dem Niederschlage läfst sich das Kobalt mit grofser Sicherheit vor dem Löthrohre nachweisen.

18) Nickel. Die eben angeführten Anzeichen von Nickel zeigen sich überall, wo man in den Aschen der Seepflanzen die Gegenwart des Kobalts beweisen kann.

19) Eisen kann man unmittelbar im Meerwasser nachweisen, indem man dasselbe zur Trockene verdampft und wieder in Wasser auflöst, wo es in Verbindung mit Kieselsäure, phosphorsaurem Kalk, Fluorcalcium, schwefelsaurem Baryt und Strontian zurückbleibt, und nun mit Leichtigkeit bestimmt werden kann. In den Aschen der Meerpflanzen findet es sich in bedeutender Menge, und es kommt gleichfalls in den Kalkaussonderungen der Meeresthiere vor. Wenn man den grofsen Becherschwamm in einer Muffel verbrennt, bleibt, wie schon angeführt, die Kieselsäure in einer zusammenhängenden Masse in der Form des Schwammes zurück. Die Höhlungen in diesem Kieselskelett, welche das Thier ausgefüllt hat, sind nach dem Verbrennen desselben mit einem dünnen Ueberzuge von Eisenoxyd bedeckt, welches beweist, dafs das Eisen in die Substanz des Thieres selbst mit eingeht.

20) Mangan. Bei meinen quantitativen Analysen des Meerwassers sammelte ich das ausgeschiedene Eisenoxyd

aus ungefähr 80—100 Pfund Meerwasser. In diesem Eisenoxyd konnte man nun das Manganoxyd sehr deutlich durch die bekannte Schmelzprobe mit kohlensaurem Natron und Salpeter bestimmen. In der Asche der Zostera marina, namentlich von Pflanzen, die in der Mitte des Sommers in vollständiger Entwickelung gesammelt waren, findet sich so viel Manganoxyd, dafs die Asche mit Salzsäure behandelt eine starke Chlorentwickelung gibt. 500 Gran trockener Zostera marina gaben dem Verfasser 81,4 Asche, welche 3,195 Manganoxydul enthielten, oder ohngefähr 4 Proc. In den Meerthieren und deren Kalkabsonderungen ist das Mangan im Ganzen sehr zurückgedrängt.

21) Aluminium. Der Verfasser hat sich grofse Mühe gegeben, die Thonerde im Meerwasser nachzuweisen. In dem Abdampfrückstande des Meerwassers findet sich, wie schon früher angeführt, sowohl phosphorsaurer Kalk als Kieselsäure und unter solchen Umständen ist der Beweis von der Gegenwart von Thonerde, wo von so geringen Mengen die Rede ist, wie hier, aufserordentlich schwierig. Phosphorsaurer Kalk wird mit Ammoniak gefällt wie Thonerde, und die Kieselsäure löst sich wie Thonerde in Aetzlauge. Die ausgeschiedenen Mengen sind indefs zu gering, um die charakteristische blaue Farbe der Thonerde mit Kobaltoxyd vor dem Löthrohre wahrnehmen zu können. Forchhammer hatte es daher aufgegeben, bis er die Reihe von Versuchen anstellte, welche unter der Borsäure angeführt sind; hier erhielt er die ganze Menge der Thonerde in den letzten, in Salzsäure unauflöslichen Krystallen und nun konnte sie mit Sicherheit nachgewiesen werden.

Ob die Thonerde von Meerpflanzen und Meerthieren aufgenommen wird, mufs dahingestellt bleiben. Die Flüsse führen so viel fein zertheilte Thonerde ins Meer, dafs es aufserordentlich schwierig, wo nicht unmöglich ist zu entscheiden, ob die Thonerde in den Aschen der Meerpflanzen wirklich aufgelöst oder blos auf der Oberfläche der Gewächse abgesetzt, und von späteren incrustirenden Geschöpfen gegen das Abspülen geschützt war.

22) Magnesium. Nächst dem Natrium, dem Chlor und der Schwefelsäure findet sich dieses Metall in gröfster

Menge im Meerwasser. Das mittlere Verhältnifs zwischen Chlor und Magnesia im gesammten Meerwasser ist wie 100:11,07. Diese grofse Menge scheint nicht sowohl daher zu rühren, dafs die Magnesia in so reichlicher Menge in dem Wasser der Flüsse vorkommt, welche dem Meer ihre Bestandtheile zuführen, sondern weil im Meere selbst nur wenige chemische Wirkungen stattfinden, welche demselben die Magnesia entziehen. Magnesia findet sich in dem kohlensauren Kalk, der durch die Meerthiere aus dem Meere ausgeschieden wird, in einer Menge von 1—2 Proc. kohlensaurer Magnesia, steigt indessen in einigen zu bedeutend gröfserer Menge und in der Serpula filigrana hat Forchhammer bis 13,49 Proc. kohlensaurer Magnesia gefunden. Auch in den Meerpflanzen kommt die Magnesia vor. In den Laminarien ist ein Theil des Magnesiums mit Jod verbunden und in der Zostera marina, worin sie in grofser Menge vorkommt, nimmt sie eine bedeutende Menge Borsäure auf.

23) Calcium. Der Kalk findet sich im Meerwasser nur in sehr geringer Menge in Verbindung mit Kohlensäure, in gröfserer Menge vereint mit Phosphorsäure und als Fluorcalcium. Der gröfste Theil desselben ist mit Schwefelsäure verbunden. Das mittlere Verhältnifs zwischen Chlor und Kalk ist wie 100 : 2,96. Während die Flüsse dem Meere eine gröfsere Menge von Kalk zuführen als von irgend einem anderen Bestandtheile, ist der gesammte Kalkgehalt desselben wie angeführt nur gering, welches von der grofsen Ausscheidung des kohlensauren Kalks durch Meerthiere herrührt.

24) Strontium. Forchhammer hat den Strontian unmittelbar im eingedampften Meerwasser als Sulphat entdeckt. Viel leichter kann man ihn in dem Kesselstein der transatlantischen Dampfschiffe nachweisen. In einer Analyse des Blasentangs, Fucus vesiculosus, hat der Verfasser sich auf folgende Weise überzeugt, dafs dieselbe sowohl Strontian als Baryt enthält. Nachdem nämlich die Asche mit Wasser und Salzsäure ausgezogen war, blieb ein ziemlich bedeutender Rückstand, der mit kohlensaurem Natron geschmolzen und mit Wasser, welches etwas kaustisches Natron enthielt, ausgezogen wurde, um den gröfsten Theil der Kieselsäure und Schwefelsäure zu entfernen. Der Rück-

stand wurde mit Salzsäure übergossen, der einige Tropfen Schwefelsäure hinzugefügt worden um den Kalk zu entfernen und den Baryt und Strontian als Sulphate zurückzubehalten. Darauf wurde er in einem Platintiegel mit kohlensaurem Natron geschmolzen unter Zusatz von so viel Salpeter, dafs das kohlensaure Natron sehr leicht flofs. Nachdem die alkalischen Salze durch Wasser ausgezogen und die kohlensauren Erdsalze in Salzsäure aufgelöst worden waren, wurden sie durch eine Gypsauflösung gefällt, darauf wieder in salzsaure Salze verwandelt und durch Kieselfluorwasserstoff getrennt. Das Verhältnifs des schwefelsauren Baryt zum schwefelsauren Strontian war wie 38 : 11 und nachdem der schwefelsaure Strontian abermals in Chlorverbindung umgewandelt, und in Weingeist aufgelöst war, verbrannte derselbe mit der charakteristischen rothen Flamme.

25) Baryum, als schwefelsaurer Baryt, findet sich verhätnifsmäfsig in grofser Menge in den Meerpflanzen und in geringer Menge in den Kalkabsonderungen der Meerthiere.

26) Natrium macht nächst dem Chlor den wesentlichsten Bestandtheil des Meerwassers aus.

27) Kalium findet sich in weit geringerer Menge im Meerwasser, läfst sich indessen leicht unmittelbar in demselben entdecken, in der Asche der Meerpflanzen findet es sich in der Regel in gröfserer Menge als die Natriumverbindungen.

Rechnet man zu diesen 27 von Forchhammer im Meerwasser bestimmt nachgewiesenen Substanzen noch das Arsenik[1]), welches einige Chemiker anführen und das Lithium, so steigt die Anzahl der im Meerwasser nachgewiesenen Grundstoffe auf 29, also nahe die Hälfte aller bis jetzt bekannten Grundstoffe, und gerade die Hälfte, welche am meisten verbreitet ist und durch ihre mannichfaltigen Wechselwirkungen im Wesentlichen das grofse chemische Leben in der unorganischen Natur bedingt.

Die quantitative Bestimmung der Bestandtheile des Meerwassers.

Sollte der Naturforscher, der sich die chemische Un-

[1]) Vergl. Daubrée Jahresber. 1851. S. 353.

tersuchung der Bestandtheile des Meerwassers und deren Vertheilung zur Aufgabe gestellt hat, alle 29 Grundstoffe, die in dem Meerwasser beweislich vorkommen, quantitativ bestimmen, so würde die Aufgabe gänzlich unlöslich sein, theils wegen der sehr langen Zeit, welche jede Analyse erfordern würde, theils wegen der sehr grofsen Quantitäten, die für eine jede Analyse nothwendig sein würden. Glücklicherweise finden sich im Meerwasser verhältnifsmäfsig wenig Bestandtheile in einer solchen Menge, dafs sie einen wesentlichen Einflufs auf die quantitative Bestimmung des Salzgehalts des Meeres haben könnten. Zu diesem gehören nur Chlor und Schwefelsäure, Kalk, Kali, Magnesia und Natron. Forchhammer hat auch wohl früher versucht, die Kieselsäure und den phosphorsauren Kalk nebst dem Eisenoxyd zu bestimmen, allein die Menge dieser Stoffe ist so gering, dafs ihre Bestimmung auf das Totalresultat nur einen verschwindenden Einflufs hat. Er hat ferner die Methode, den gesammten Salzgehalt des Meeres durch Eindampfen und Trocknen zu bestimmen, gänzlich verworfen, weil das Chlormagnesium beim Abdampfen bis zur Trockne schon eine theilweise Zersetzung erleidet.

Brom, Jod und Fluor, ferner Phosphorsäure, Kohlensäure und Kieselsäure, so wie sehr viele Basen sind in den bisherigen Analysen des Meerwassers unberücksichtigt geblieben; es wird sich aber, wie später gezeigt werden wird, wenn unsere Kenntnisse der Zusammensetzung eines Meerwassers vollkommen genau festgestellt worden sind, eine Correction finden lassen, die auf alle angeführten Analysen des Meerwassers angewandt werden kann. Forchhammer bestimmt den Chlorgehalt in 1000 Gran des Meerwassers durch salpetersaures Silberoxyd, nachdem er dasselbe etwas mit Salpetersäure angesäuert hat; in einer andern ebenso grofsen Portion bestimmt er die Schwefelsäure als schwefelsauren Baryt. In einer andern Portion von 2000 Gran fällt er Magnesia und Kalk aus einer ammoniakalischen Auflösung durch phosphorsaures Natron-Ammoniak und gewinnt noch eine kleine Portion derselben Verbindung durch Eindampfen von Mutterlauge und des Waschwassers und durch Auflösen des zurückbleibenden Salzes in ammoniakhaltigem Wasser. Das phosphorsaure

Salz von Kalk, Magnesia und Ammoniak wird geglüht, gewogen und darauf in Salzsäure aufgelöst. Aus der filtrirten, salzsauren Auflösung wird der Kalk durch Schwefelsäure und Weingeist gefällt und der geglühte und bestimmte Kalk in einer Kochsalzauflösung von etwa 10 Proc. durch Kochen aufgelöst. Es bleibt immer ein kleiner Rückstand, welcher grofsentheils schwefelsaurer Baryt ist. Aus der durch Abzug dieses Rückstandes corrigirten Menge schwefelsauren Kalks wird sowohl der reine Kalk als der entsprechende dreibasische phosphorsaure Kalk berechnet. Dieser wird von der gesammten Menge des phosphorsauren Salzes abgezogen und aus der zurückbleibenden zweibasischen phosphorsauren Magnesia der Gehalt des Meerwassers an reiner Magnesia berechnet.

Zur Kalibestimmung wurden gleichfalls 2000 Gran und in einzelnen Fällen 3000 Gran zur Trockene verdampft, wieder in Wasser aufgelöst und der Rückstand ausgewaschen, bis das Waschwasser keine Salzsäure mehr enthielt. Dieser Rückstand wurde in einigen Fällen näher untersucht. Es lassen sich in demselben schwefelsaurer, phosphorsaurer und kohlensaurer Kalk, Fluorcalcium, schwefelsaurer Baryt, Kieselsäure und Eisenoxyd nachweisen. Zu der Auflösung der übrigen Salze wird eine salzsaure Auflösung von so viel kohlensaurem Kalk gesetzt, dafs er reichlich der vorhandenen Schwefelsäure entspricht. Forchhammer wendet gewöhnlich ebenso viel Doppelspath an als er bei der frühern Bestimmung der Schwefelsäure an schwefelsaurem Baryt erhalten hat; indem nämlich das Aequivalent des schwefelsauren Baryt 1457, mehr als doppelt so viel wiegt als das Aequivalent des kohlensauren Kalks, 625, und wir also, da in diesem Falle die doppelte Menge Meerwasser angewandt wird, vollkommen sicher sind einen kleinen Ueberschuss von Chlorcalcium zu behalten. Die Auflösung wird wieder zur Trockene verdampft, das Salz in 60 Proc. haltigem Weingeist aufgelöst und nun das Kali durch Hinzufügen von Chlor-Platin, Eindampfen und Auswaschen mit 60 Proc. Weingeist gewonnen. Um die Verflüchtigung des Chlorkalium durch eine zu starke Hitze zu verhindern, werden kleine Stücke kohlensauren Ammoniaks in den Tiegel geworfen, so lange sich noch Salmiak-

dämpfe entwickeln und das Kaliumplatinchlorid einer schwachen Rothglühhitze ausgesetzt.

Aus dem Platin und Chlorkalium haltenden Rückstande wird das letztere durch Wasser extrahirt und bestimmt. Trotz aller dieser Vorsicht ist die Kalibestimmung doch die am wenigsten befriedigende und zeigte viel gröfsere Schwankungen als irgend eine der andern quantitativen Bestimmungen der Bestandtheile des Meerwassers. Die angewandten Meerwasserproben wurden stets durch das Gewicht bestimmt.

Die Berechnung dieser unmittelbar gefundenen Bestandtheile des Meerwassers wurde nach folgenden Voraussetzungen vorgenommen: Aller Kalk wurde der Schwefelsäure, der Rest der letzteren der Magnesia zugetheilt und der Rest dieser Erde sowie die ganze Menge des Kalium und Natrium wurden als Chlorüre berechnet.

Es ist klar, dafs die Summe aller Bestandtheile immer dieselbe bleiben mufs, auf welche Weise man auch die Säuren und Basen vereint sich denkt, wenn man nur von der Voraussetzung ausgeht, dafs alle Salze neutral sind und dafs die Base, deren Quantität nicht bestimmt, Natron ist.

In dem von Forchhammer angegebenen speciellen Resultate aller seiner Analysen sind erstens die unmittelbaren Resultate der Analyse aufgeführt, nämlich Chlor, Schwefelsäure, Kalk, Kali und Magnesia, ferner in sehr vielen Analysen Kieselsäure, d. h. der in Wasser und Salzsäure unauflösliche Rückstand von dem Eindampfen des Meerwassers. Er enthält aufser Kieselsäure auch schwefelsauren Baryt; ferner phosphorsauren Kalk, Fluorcalcium, Eisenoxyd, Manganoxyd und Thonerde. In den folgenden Rubriken sind die berechneten Resultate angegeben, nämlich Chlornatrium, schwefelsaure Magnesia, schwefelsaurer Kalk, Chlorkalium und Chlormagnesium. Die nächste Rubrik enthält die Summe aller so gefundenen und berechneten Bestandtheile. Die letzte Rubrik enthält unter der Bezeichnung Coefficient eine Reihe von Zahlen, die einer näheren Erläuterung bedürfen.

Forchhammer fand nämlich, dafs das Verhältnifs der verschiedenen festen Bestandtheile des Meerwassers,

wenn es auf dem hohen Meere, entfernt von Küsten geschöpft ist, sehr geringen Schwankungen unterworfen ist und dafs also ein fast unveränderliches Verhältnifs zwischen den einzelnen Bestandtheilen und der gesammten Salzmenge stattfindet. Um dieses Verhältnifs auszudrücken, wählte der Verfasser das Chlor als den Stoff, der immer in gröfster Menge im Meerwasser vorkömmt und mit der gröfsten Leichtigkeit und Sicherheit bestimmt werden kann [1]). Der Mittelcoefficient des gesammten Weltmeers, mit Ausnahme der abgesonderten Theile desselben (Meerbusen) ist 1,811. Das Minimum fand sich in dem Meere zwischen den *Aleuten* und den *Gesellschafts-Inseln* mit 1,806, das Maximum im *Atlantischen* Meere zwischen dem Aequator und 30° S. B. und dem Meere zwischen *Afrika, Borneo* und *Malacca* mit 1,814. Diese Gleichförmigkeit in dem Verhältnifs der Bestandtheile des Meerwassers ist den gröfsten Störungen ganz in der Nähe der Küsten und in den Binnenmeeren unterworfen. So ist z. B. der mittlere Coefficient der *Ostsee*, den *Sund* nicht mitgerechnet 1,838, und der gröfste Coefficient 2,230 in der *finnischen Bucht*, wo das Wasser schon fast süfs ist und nur 0,738 pro mille Salz enthält. Der Coefficient des Meerwassers bei *Kopenhagen* war bei einem Strom, der von Süden kam, 1,822, und für das *Kattegat* gleichfalls bei südlichem Strom 1,821.

Es ist ferner unter den Rubriken Schwefelsäure, Kalk und Magnesia eine zweite Zahlenreihe angegeben, welche das Verhältnifs der respectiven Stoffe zum Chlor angibt,

---

[1]) Der Mittelcoefficient drückt also das Verhältniss aus zwischen Chlor und den gesammten festen Bestandtheilen des Meerwassers, er wird gefunden indem man die Summe aller Bestandtheile durch die Chlormenge dividirt. Vielleicht würden die Verschiedenheiten im Coefficienten noch geringer ausfallen, wenn man ihn dadurch bestimmt, dafs man die Summe von Chlor- und Schwefelsäure in die Summe aller Bestandtheile dividirte. Allein da die Menge der Schwefelsäure nicht blos natürlichen Schwankungen mehr ausgesetzt ist, als irgend ein anderer Stoff im Meerwasser, sondern auch die Menge dieser Säure ziemlich häufig durch Entwickelung von Schwefelwasserstoffgas verringert wird nachdem das Wasser geschöpft ist, hat der Verfasser es vorgezogen das Chlor allein zur Bezeichnung zu benutzen.

indem dieses letztere zu 100 angenommen ist. Das mittlere Verhältnifs dieser Stoffe im ganzen Weltmeere ist Chlor = 100, Schwefelsäure = 11,89, Kalk = 2,96 und Magnesia = 11,07. In der *Ostsee* ist dagegen das mittlere Verhältnifs Chlor = 100, Schwefelsäure = 12,77, Kalk = 3,59, Magnesia = 11,89.

Im *Kattegat* und im *Sunde* ist das mittlere Verhältnifs Chlor = 100, Schwefelsäure = 11,94, Kalk = 3,29, Magnesia = 10,86. In der *Nordsee*, welche Forchhammer auch noch als einen Meerbusen betrachtet, ist das mittlere Verhältnifs Chlor = 100, Schwefelsäure = 12,05, Kalk = 2,87, Magnesia = 11,25.

Im *Mittelmeere*, wo der Einflufs der Flüsse sehr gering ist, ist das Verhältnifs folgendes: Chlor = 100, Schwefelsäure = 11,82, Kalk = 3,08, Magnesia = 10,90.

Aus diesen Untersuchungen lassen sich folgende allgemeine Sätze ableiten:

Der allgemeine Salzgehalt des Meerwassers nimmt ab, so wie man sich den Küsten nähert und ist am geringsten in den tief in das feste Land einschneidenden Meerbusen.

Dieser allgemeine Satz wird, da er durch das von dem Lande strömende süfse Wasser bestimmt wird, mannichfaltig modificirt. An Küsten, wo wenig süfses Wasser ausfliefst, wie z. B. an der Westküste von *Südamerika*, tritt dieses Verhältnifs gar nicht ein und dieselben Modificationen gelten für die grofsen Meerbusen und Theile des Meers, welche mit dem Weltmeere nur durch enge Oeffnungen verbunden sind. Am deutlichsten tritt dieses bei einer Vergleichung der *Ostsee* und des *Mittelmeeres* hervor. Während die Erstere einen grofsen Theil des nördlichen und östlichen *Europa* entwässert und deswegen nur einen verhältnifsmäfsig geringen Salzgehalt hat, nimmt das Letztere nur wenig süfses Wasser in sich auf und sein mittlerer Salzgehalt ist 37,936 für den Theil des *Mittelmeers*, welcher zwischen der Strafse von *Gibraltar* und dem griechischen *Archipelagus* liegt.

Man hat schon längst angegeben, dafs das *Mittelmeer* einen gröfseren Salzgehalt hat als das *Atlantische* Meer und die Ursache davon theils in dem mangelnden süfsen

Wasser, theils in der starken Verdampfung durch die heifsen und trockenen Winde von *Afrika* gesucht. Dies hat sich nun durch Forchhammers Untersuchungen vollkommen bestätigt. Während das *Mittelmeer*, wie angeführt, einen Salzgehalt von 37,936 p. m. hat, findet sich in dem entsprechenden Theil des *Atlantischen* Meeres nur 35,946 und selbst in dem tropischen Theil des *Atlantischen* Meeres, zwischen 30° S. B. und 30° N. B., ist der mittlere Salzgehalt nur 36,321. Der Einflufs der heifsen afrikanischen Winde zeigt sich ferner dadurch, dafs der gröfste Salzgehalt, den Forchhammer im *Mittelmeere* und überhaupt in irgend einem Theile des Weltmeers gefunden hat, in dem Wasser zwischen der Insel *Candia* und der afrikanischen Küste, also unter dem Einflusse der *libyschen* Wüste sich zeigte und 39,257 p. m. betrug. Der Umstand, dafs dieses Wasser im October (1860) geschöpft war, erklärt wahrscheinlich den aufserordentlich geringen Einflufs, den das Nilwasser auf den Salzgehalt ausübt, indem der Strom in dieser Jahreszeit verhältnifsmäfsig nur geringe Wassermengen ins Meer führt.

Man hat schon längst auf die doppelte Strömung in der Strafse von *Gibraltar* aufmerksam gemacht, indem das *Atlantische* Meer an der Oberfläche in das *Mittelmeer* hineinströmt, während das Wasser des *Mittelmeers* sich in der Tiefe in das *Atlantische* Meer ergiefst. Weniger bekannt dürfte es sein, dafs in dem Sunde bei *Helsingör* gleichfalls ein doppelter Strom stattfindet, indem bei einer etwas wechselnden Strömung der Oberstrom in der Regel aus der *Ostsee* ins *Kattegat* führt, während ein Unterstrom fast beständig aus dem *Kattegat* in die *Ostsee* hineinführt[1]). Der Unterschied in der Richtung dieser Doppel-Ströme entspricht dem Umstande, dafs bei dem salzreichen *Mittelmeere* das leichtere Wasser des *Atlantischen* Meeres, bei der salzarmen *Ostsee* dagegen das leichtere Wasser dieser den Oberstrom bildet.

Der Verfasser hat diesem Verhältnisse bei *Helsingör* eine grofse Aufmerksamkeit gewidmet, wobei er durch die Beobachtung des Chefs des daselbst stationirten Wacht-

---

1) Vergl. S. 436.

schiffes, Kommandeur Prösilius, kräftig unterstützt wurde. Im Jahre 1846 wurden vom 27. April bis zum 11. September 19 Beobachtungen über den Strom in der Tiefe und 134 Beobachtungen an der Oberfläche gemacht. Der Oberstrom kam in den angeführten 134 Tagen während 24 Tagen aus Norden (vom *Kattegat*) und seine mittlere Salzmenge war 15,994 p. m., an 86 Tagen aus Süden und sein mittlerer Salzgehalt war 11,801. An 24 Tagen war Stromstille mit einem mittleren Salzgehalt von 13,342. Der Strom vom Grunde des *Sundes* wurde einmal in jeder Woche beobachtet und gab als Mittelsalzgehalt 19,002.

Dieser Unterstrom ist zuweilen sehr stark; als vor einigen Jahren ein Dampfschiff dicht vor *Helsingör* von einem andern Dampfschiff übersegelt wurde und so schnell sank, dafs die Passagiere nur mit Mühe gerettet werden konnten, versuchte ein Taucher bei stiller Oberfläche hinabzusteigen, um das Passagiergut zu retten, konnte aber nichts ausrichten, weil ein reifsender von Norden kommender Unterstrom seine Arbeiten gänzlich vereitelte. Dieser starke Unterstrom erklärt auch ein anderes, häufig beobachtetes Phänomen, indem nämlich grofse, tiefgehende Schiffe häufig gegen Oberstrom und Wind angehen, während kleinere, weniger tiefgehende Fahrzeuge vergeblich dagegen ankämpfen.

Der Unterstrom geht häufig bis nach *Kopenhagen* und Forchhammer hatte Gelegenheit, hierüber Beobachtungen anzustellen, als man nämlich durch ihn veranlafst *Kopenhagen* mit der auf der Insel *Amack* gelegenen Stadt *Christianshafen* durch einen, unter dem Hafen befindlichen Tunnel für Gas- und Wasserleitungen in Verbindung setzte. Dieser Tunnel ist in einer Tiefe von ungefähr 60 Fufs unter der Oberfläche des Meeres in einem Gliede der jüngeren Kreideformation getrieben. Vom 3. März bis zum 21. April 1851 untersuchte Forchhammer einmal wöchentlich das Wasser, welches durch den Kalkstein in den Tunnel filtrirte, das, welches auf dem Grunde des Hafenstroms flofs, und das, welches an der Oberfläche des Hafenstroms geschöpft wurde. Die Mittelzahl dieser Untersuchungen gibt für das durchfiltrirte Wasser des Tunnels während 7 Wochen 18,315 p. m. Salz, für das Wasser vom

Grunde des Hafenstroms für 6 Wochen 17,546 p. m. und für die Oberfläche des Hafenstroms 15,845 p. m. Die Ursache, wefswegen die Mittelzahl des Tunnelwassers einen stärkeren Salzgehalt gibt als die Mittelzahl vom Grunde des Hafenstroms mag wohl zum Theil von dem langsamen Filtriren durch den festen Kalkstein herrühren; jedenfalls rührt aber ein Theil dieses Unterschieds daher, dafs sich etwas von dem obern Seewasser mit dem Wasser des tiefern Hafenstroms unvermeidlich vermischen mufste. Soviel ergibt sich unzweifelhaft, dafs der Unterstrom von *Helsingör* sich zur Zeit jener Beobachtungen, einer Zeit von 7 Wochen, bis nach *Kopenhagen* fortgesetzt hatte. Andere einzeln stehende Beobachtungen und Vergleichungen des Wassers der Oberfläche mit dem aus der Tiefe vom *Sunde* bei *Kopenhagen* gaben dasselbe Resultat und Forchhammer ist sehr geneigt anzunehmen, dafs der Unterstrom sich in der Regel bis nach *Kopenhagen* fortsetzt; wie weit er sich in dem südlichen Theil des *Sundes* und in die *Ostsee* fortsetzt, ist nicht zu ermitteln.

Die Temperatur des Unterstroms ist nach zwei Untersuchungen im Winter und im frühen Frühling höher als die des obern Stroms. Forchhammer bestimmt sie am 2. März 1850, wo der Thermometrograph im untern Strom in einer Tiefe von 108 Fufs + 2,6° C. zeigte, dagegen an der Oberfläche + 1,6° C. angab. In einem andern Frühling beobachtete ein Freund Forchhammers gleichfalls eine höhere Temperatur im Unterstrom; die Differenz betrug bis zu 2° C. Eine dritte im Sommer angestellte Beobachtung ergab gar keinen Temperaturunterschied zwischen den beiden Strömen.

Von diesem Unterstrom, salzreicheren und wenigstens im frühen Frühling wärmeren Wassers, das vom *Kattegat* durch den *Sund* und die *Belte* sich tief in die *Ostsee* hinein zu erstrecken scheint, hängt wahrscheinlich das auffallende plötzliche Verschwinden des Eises im Frühling ab. Alle Fischer an den Ufern des *Sundes* und der *Belte* kennen die Erscheinung, dafs im Herbst beim ersten Eintreten des Frostes das Eis plötzlich aus der Tiefe heraufsteigt, so namentlich etwas nördlich von *Helsingör* an der Mündung des *Sundes* und im grofsen *Belt*, in der Nähe

von *Nyborg* auf der Insel *Fuenen.* Allein ein Sinken des Eises im Frühling haben sie nie beobachtet, was auch nicht geschehen kann, da das Eis specifisch leichter als das Wasser ist. Forchhammer erklärt diese Erscheinung auf folgende Weise: im Frühling strömt der Unterstrom als salzreicheres und zugleich wärmeres Wasser durch den *Sund* und die *Belte* in die *Ostsee* und schiebt sich an dem flachen und schwach geneigten Meeresgrunde in die Nähe der Küsten bis an die Oberfläche des Wassers. Das durch den beginnenden Frühling mürbe gewordene Eis schmilzt nun ungemein schnell und zwar vorzugsweise von unten in der Berührung mit dem salzreicheren und zugleich wärmeren Wasser.

Forchhammer benutzte diese seltene Gelegenheit, um zu ermitteln, ob die kohlensaure Magnesia im Meerwasser durch kohlensauren Kalk ganz oder theilweise verdrängt werden kann, wenn dasselbe durch eine 30 Fuſs mächtige Schicht Kreide filtrirte. Obgleich er durch Versuche ermittelt hatte, daſs das Kalkbicarbonat, die Magnesiasalze des Meerwassers zersetzen kann, so folgte daraus keineswegs, daſs der ungelöste kohlensaure Kalk dieselbe Zersetzung bewirken kann.

Er bestimmte die quantitativen Verhältnisse zwischen Kalk und Magnesia in dem Strom der Oberfläche, der Tiefe der Hafenstroms und dem durchgesickerten Wasser des Tunnels. Dieses Verhältniſs war im Mittel:

im Wasser	der Oberfläche wie . . .	1 : 4,062
„ „	des Grundstroms wie . .	1 : 4,153
„ „	des Tunnels wie	1 : 3,485

Das Verhältniſs des Kalk zur Magnesia ist also im Ober- und Unterstrom nahe dasselbe, während in dem durch den Kalkstein filtrirten Wasser des Tunnels die relative Menge des Kalk zunimmt. Dieses abweichende Verhältniſs kann entweder durch Verminderung der Magnesia, oder durch Vermehrung des Kalk, oder durch eine Combination beider Wirkungen veranlaſst werden. Nur wenn diese quantitativen Veränderungen nach Aequivalentzahlen erfolgten, wäre an eine Dolomitbildung im Kalkstein durch doppelte Zersetzung des Chlormagnesium des Meerwassers und des kohlensauren Kalk des Kalksteins zu denken.

Um dies zu ermitteln, verglich Forchhammer das Verhältnifs zwischen Kalk und Magnesia und einem dritten Bestandtheile des Meerwassers. Er wählte hiezu das Chlor. Dieses Verhältnifs von Chlor und Kalk ist:

im Wasser des obern Stromes wie .	100 : 2,82
„ „ „ untern Stromes wie .	100 : 2,68
„ „ „ Tunnels wie	100 : 3,11

also eine entschiedene Zunahme der Kalkerde im Tunnelwasser. Auch die beiden andern Mittelzahlen stimmen sehr gut mit den übrigen Verhältnissen; denn das Wasser des obern Stromes rührt wesentlich aus der *Ostsee*, das Wasser des untern Stroms aus dem *Kattegat* her, und jenes enthält im Allgemeinen mehr Kalk als dieses.

Das Verhältnifs des Chlor zur Magnesia ist:

im Wasser des obern Stromes wie .	100 : 11,07
„ „ „ untern Stromes wie .	100 : 10,96
„ „ „ Tunnels wie . . .	100 : 11,08

Während also der Kalk in dem durch den Kalkstein filtrirten Seewasser zugenommen hat, hat die Magnesia in demselben Wasser nicht abgenommen. Der Kalk ist also aufgelöst und wie sich bei dem Abdampfen des Tunnelwassers zeigt, hat die Kohlensäure diese Auflösung bewirkt, denn beim Verdampfen und Wiederauflösen des Tunnelwassers bleibt eine viel gröfsere Menge kohlensaurer Kalk zurück, als beim Verdampfen des Wassers des obern oder untern Stroms. Die Ursache der gröfseren Menge Kohlensäure im Tunnelwasser liegt ohne Zweifel in einer Schicht von Moder, der dunkel gefärbt durch organische Stoffe, durch den Sauerstoff, welcher vom Seewasser absorbirt ist, langsam in Kohlensäure und Wasser zersetzt wird.

Bekannt ist es, dafs das Meerwasser der Polargegend weniger salzreich ist, als das Aequatorialwasser.

Der mittlere Salzgehalt des mächtigen Polarstromes, der aus der *Baffinsbucht* und aus der *Davisstrafse* kommt, ist nach Forchhammers Untersuchungen 33,176 p. m.

Der mittlere Salzgehalt des *patagonischen* Kaltwasserstroms zwischen 57° 27' S.B. und 33° 54' S. B. ist 33,966 p. m.

Das *Südpolarmeer* nach drei Proben, die der neulich verstorbene Sir James Ross von seiner Südpolarexpedition mitbrachte, hat einen mittleren Salzgehalt von 27,285 p. m.

Das *Atlantische* Meer zwischen dem Aequator und 30° N. B. hat einen mittleren Salzgehalt von 36,169 p. m. und dasselbe Meer zwischen dem Aequator und 30° S. B. hat 36,472 p. m. Salzgehalt.

Das *stille* Meer zwischen 30° N. B. und 30° S. B. hat einen mittleren Salzgehalt von 35,607 p. m. und das *ostafrikanische* und *ostindische* Meer zwischen denselben Breitengraden hat einen mittleren Salzgehalt von 32,962 p. m., allein der gröfste Theil dieser letzteren Proben ist in der Nähe der Küsten geschöpft und namentlich zwischen den grofsen *ostindischen* Inseln, so dafs hier das Gesetz, dafs das Meer in der Nähe der Küsten weniger salzreich ist, dem andern Gesetz, dafs das Meer in der Nähe des Aequators am salzreichsten ist, entgegenwirkt. Aus dem für das *atlantische* und *stille* Meer vorzugsweise geltenden Gesetz folgt als eine Nothwendigkeit, dafs ein Theil der in der heifsen Zone aufsteigenden Wasserdämpfe erst in der Nähe der Pole niedergeschlagen wird, und dafs also in der äquatorialen Zone die Verdampfung gröfser ist, als der Zuflufs von süfsem Wasser durch die atmosphärischen Niederschläge, die unmittelbar ins Meer fallen und der Theil des süfsen Wassers, welcher von dem festen Lande herrührt. Die polaren Regionen müssen also das Fehlende ersetzen und auf diese Weise werden die polaren Strömungen eine Naturnothwendigkeit.

Salzgehalt des Meerwassers an der Oberfläche.

Um eine bessere Uebersicht über die Vertheilung der Salzmenge im Meere zu finden und namentlich um den mittleren Salzgehalt des Meeres genau bestimmen zu können, hat Forchhammer das Meer in Regionen eingetheilt. Da es sich bei diesen Untersuchungen nicht vermeiden läfst, dafs aus einzelnen Theilen des Weltmeers viel mehr Proben zur Untersuchung geliefert werden, als aus anderen, so würden diese Theile des Weltmeeres einen zu bedeutenden Einflufs auf die gesammte Mittelzahl erhalten, wenn man diese Mittelzahl unmittelbar aus den einzelnen Beobachtungen ableiten wollte. Diese Fehlerquelle fällt weg, wenn man das Meer in passende Regionen eintheilt und aus diesen Mittelzahlen wieder die Mittelzahlen für das gesammte Weltmeer berechnet.

Alle Werthe sind auf 1000 Th. Meerwasser berechnet. 1 bezeichnet Mittelzahl; 2 = Maximum; 3 = Minimum. Alle Längenbestimmungen sind nach *Greenwich* berechnet.

I. Das atlantische Meer zwischen dem Aequator und 30° N. B.

	a.	b.	c.	d.	e.	f.	g.	h.	i.
	Salzgehalt.	Chlor.	Schwefelsäure	Schwefels. wenn Chlor = 100	Kalk	Kalk wenn Chlor = 100	Magnesia.	Magnesia wenn Chlor = 100	Mittlerer Coefficient.[1]
1	36,169	19,989	2,348	11,75	0,595	2,98	2,220	11,11	1,810
2	37,908			12,22		3,85	2,333		
3	34,283								

I. Die Mittelzahl des Salzgehaltes ist aus 14 vollständigen Analysen berechnet. Ad *a.* 2 ist von 24° 13′ N. B. und 23° 11′. W. L., an der atlantischen Seite der grofsen *Saharawüste*, etwa 8° nördlich vom *Senegal*. Es ist dies das salzreichste Wasser, welches F. im *Ocean* gefunden hat; doch findet sich im *Mittelmeer*, in der Nähe der *libyschen* Wüste ein noch gröfserer Salzgehalt. 3 fand sich unter 4° 10′ N. B. und 5° 36′ W. L. in dem Meerbusen von *Guinea* und an der Mündung des *Niger;* ad *d.* 2 unter 10° N. B. und 24° 19′ W. L; *f* 2 bei *Tocoradi* in dem Meerbusen von *Guinea*, 1 Meile vom Lande; *g* 2 unter 1° 10′ N. B. 25° 54′ W. L.

II. Atlantisches Meer von 30° N. B. bis zu einer Linie von der Nordspitze von Schottland bis zur Nordspitze von New-Foundland.

	a.	b.	c.	d.	e.	f.	g.	h.	i.
1	35,946	19,835	2,391	12,05	0,609	3,07	2,201	11,10	1,812
2	36,927		2,557	13,01	0,726	3,65			
3									

II. *a.* 1 ist aus 14 vollständigen Analysen bestimmt; 2 ist von 38° 18′ N. B. und 43° 2′ W. L. Minimum unter 43° 26′ N. B. und 44° 19′ W. L., der südlichen Mündung des *St. Lorenz* entsprechend, aber 15° L. östlicher. *d.* 2 in geringer Entfernung von der Südspitze von *Portugal.*

[1]) Was F. unter dem mittleren Coefficienten versteht, ist schon oben S. 454 angeführt worden.

III. Atlantisches Meer zwischen der Nordgrenze der zweiten Region und der Südküste von Grönland.

	a.	b.	c.	d.	e.	f.	g.	h.	i.
	Salzgehalt.	Chlor.	Schwefelsäure.	Schwefels. wenn Chlor = 100	Kalk.	Kalk wenn Chlor = 100	Magnesia.	Magnesia wenn Chlor = 100	Mittlerer Coefficient.
1	35,356	19,538	2,322	11,88	0,578	2,96	2,061	11,06	1,810
2	36,480	20,185	2,385	12,22	0,669	3.131			
3	34.831	19,287	2,254	11,59	0,488	2,51			

III. *a*. 1 aus 15 vollständigen Analysen. *d*. 2 etwa 2° südöstlich von der Südspitze von *Grönland; e* 2 in derselben Probe, die das Maximum; *e*. 3 in derselben Probe, die das Minimum des Salzgehaltes zeigte.

IV. Davisstrafse und Baffinsbay.

1	33,176	18,317	2,214	12,09	0,513	2,80	2,066	11,28	1,811
2	34,414	19,010	2,258	12,67		3,02			
3	32,304	17,818		11,66		2,47			

IV. *a*. 1 aus 9 Bestimmungen; 2 in der Mündung der *Davisstrafse* unter 60° 32′ N. B.; 3 unter 66° 58′ N. B., 7 bis 8 Meilen von der Westküste von *Grönland*; *b*. 2 in der Probe die das Maximum, 3 in der Probe die das Minimum des Salzgehaltes gab; *c*. 2 in der Mündung der *Davisstrafse* 58° 53′ N. B. Auffallend ist in dieser Region die durchgängig gröfsere Verhältnifszahl für die Schwefelsäure, obgleich wir keine Gypsbildung in *Grönland* kennen; *f*. 2 in derselben Probe die das Maximum der Schwefelsäure zeigte. Das Verhältnifs des Kalk ist gering, übereinstimmend mit der Thatsache, dafs in *Grönland* keine Kalkformationen vorkommen. Auffallend ist in diesem sogenannten Meerbusen, dafs der Salzgehalt des Meerwassers zunimmt von 64°, wo er 32,926 ist, bis zu 69° 45′, wo er 33,595 ausmacht, was gänzlich abweichend ist von den gewöhnlichen Verhältnissen in den Meerbusen, aber völlig übereinstimmend mit denen in einem Sunde, welche dem Baffinsbusen zukommen.

V. Nordsee.

1	32,806	18,245	2,198	12,05	0,523	2,87	2,053	11,25	1,816
2	35,041	19.295	2,351	12.31	0,565	3,19			
3	30,530	17,127	2,079	11,77	0,454	2,49			

V. Alle Maxima liegen in der Nähe der Verbindung mit dem *Atlantischen* Meere, also entweder zwischen der *norwegischen* Küste und den *Orkney-Inseln* oder an der östlichen Mündung des *Kanals*. Alle Minima liegen nahe an der Verbindungslinie mit dem *Kattegat*.

Es verdient hier noch bemerkt zu werden, dafs der Unterschied zwischen Maximum und Minimum hier schon viel gröfser als in den grofsen Abtheilungen des *Atlantischen* Meeres ist.

VI. Das Kattegat und der Sund.

	a.	b.	c.	d.	e.	f.	g.	h.	i.
	Salzgehalt.	Chlor.	Schwefelsäure.	Schwefels. wenn Chlor = 100	Kalk.	Kalk wenn Chlor = 100	Magnesia.	Magnesia wenn Chlor = 100	Mittlerer Coefficient
1	15,126	8,360	0,998	11,94	0,275	3,29	0,908	10,86	1,814
2	19,940	11,077	1,278	12,257	0,393	4,19			
3	10,869	5,966	0,750	11,30	0,195	2,78			

VI. Man sieht aus den angeführten Zahlen, dafs Schwefelsäure, aber besonders Kalk zunehmen und die Schwankungen zwischen Maximum und Minimum sehr grofs werden.

VII. Ostsee.

1	4,807	2,615	0,334	12,477	0,094	3,59	0,311	11,89	1,838
2	7,491	4,079	0,527	14,97	0,145	7,48			
3	0,610	0,294	0,040	11,95	0,019	3,09			

VII. *a.* 2 an der Mündung der innern *Ostsee* zwischen der Insel *Bornholm* und der Südspitze von *Schonen*; 3 im Kauffahrtheihafen von *Cronstadt*. In der *Ostsee* tritt deutlich hervor, dafs besonders Kalk, demnächst Schwefelsäure und Magnesia in demselben Verhältnifs zunehmen, als die gesammte Salzmenge bei der Annäherung an die Küsten abnimmt, oder mit andern Worten, dafs Schwefelsäure, Kalk und Magnesia in einem viel gröfseren Verhältnifs gegen Chlor und Natrium im Flufswasser sich finden, als im Meere; also auch vom Lande in viel gröfserem Verhältnisse an das Meer abgegeben werden. Aus diesen veränderten Verhältnissen folgt auch die grofse Veränderung des Coefficienten, dessen Mittelzahl für die *Ostsee* wie gesagt 1,838 ist, in der *finnischen* Bucht sogar bis auf 2,230 steigt.

VIII. Mittelmeer.

1	37,936	20,889	2,470	11,82	0,642	3,08	2,277	10,90	1,816
2	39,257	21,718	2,583	12,8	0,686	3,22			
3	36,391	20,160	2,302	11,42	0,610	2,96			

VIII. Forchhammer hat in seiner Hauptabhandlung darauf aufmerksam gemacht, dafs seine Mittelzahlen für das *Mittelländische* Meer unzuverlässig sind, weil ihnen eine viel zu kleine Zahl von Untersuchungen zu Grunde liegt. Diesen Fehler hat er später Gelegenheit gehabt zu berichtigen, und es liegen jetzt 11 Untersuchungen vor, aus denen die Mittelzahlen für die Oberfläche des [illegible]rs sich

wie in der Tabelle verzeichnet, feststellen. *a.* 1 Die gröfste Mittelzahl für irgend eine von Forchhammer untersuchte Region. Das Maximum zwischen der Insel *Candia* und der *Afrikanischen* Küste unter 33° 34′ N. B. und 24° 34′ O. L. Die Probe war im Oct. 1860 geschöpft; wahrscheinlich würde das Resultat ein ganz anderes gewesen sein, wenn sie zu einer Zeit geschöpft worden wäre, wo der *Nil* seine gröfste Wassermenge führt. 3 in der Strafse von *Gibraltar.* Aus diesen Untersuchungen folgt zuerst, dafs die allgemeine, oft wiederholte Behauptung, dafs das Mittelmeer eine gröfsere Menge Magnesia enthalte, unbegründet ist. Die mittlere Verhältnifszahl für Magnesia im *Mittelmeer* ist 10,90, während dieselbe für das Weltmeer 11,07 ist. Kalk scheint in einem geringen Ueberschufs vorhanden zu sein, da seine Verhältnifszahl = 3,08, während sie für das Weltmeer 2,96 ist. Endlich kommt die Schwefelsäure im *Mittelmeer* fast ganz auf das normale Verhältnifs; sie ist nämlich 11,82 und im Weltmeer 11,89. Die gröfste Salzmenge findet sich hier, wie gesagt, zwischen der Insel *Candia* und der Nordküste von *Afrika*, also unter dem Einflufs der *libyschen* Wüste, und es verdient hier bemerkt zu werden, dafs die gröfste Salzmenge des *Atlantischen* Meeres unter einem ähnlichen Verhältnifs zur Wüste *Sahara* gefunden wurde.

IX. Das schwarze und asowsche Meer.

	a	b.	c.	d.	e.	f.	g.	h.	i.
	Salzgehalt.	Chlor.	Schwefelsäur.	Schwefels. wenn Chlor = 100	Kalk.	Kalk wenn Chlor = 100	Magnesia.	Magnesia wenn Chlor = 100	Mittlerer Coefficient.
1	15,894	8,800	0,958	10,89	0,243	2,76	1,019	11,58	1,806
2									
3									

IX. F. hat nur eine Untersuchung des schwarzen Meeres an einer Wasserprobe angestellt, welche 50 engl. Meilen nördlich vom *Bosporus* geschöpft war; hat aber zwei andere Analysen von Goebel[1]) mitbenutzt. Schwefelsäure und Kalk haben ein geringeres Verhältnifs als im Weltmeer, Magnesia ein gröfseres. Zur Vergleichung mit obiger Tabelle sind Salzgehalt und Verhältnifszahlen für das *Caspische* Meer aufgeführt. Die Zusammensetzung desselben weicht offenbar von der des Wassers aller übrigen Meere ab, und wenn das *Caspische* Meer, wie es mehr als wahrscheinlich ist, einst mit dem *Schwarzen* in Verbindung stand, so mufs seit der Trennung das Wasser der Flüsse grofse chemische Veränderungen in dem Salzgehalt des *Caspischen* Meeres zuwege gebracht haben[2]).

Das Caspische Meer.

	a	b.	c.	d.	e.	f.	g.	h.	i.
	16,236			40,50		9,81		25,63	

[1]) Vgl. Kap. V. S. 308.

[2]) Vgl. dagegen Kap. V. S. 311 Bischof.

X. Das atlantische Meer zwischen dem Aequator und 30 S. B.

	a.	b.	c.	d.	e.	f.	g.	h.	i.
	Salzgehalt.	Chlor.	felsäure.	Schwefels. wenn Chlor = 100	Kalk.	Kalk wenn Chlor = 100	Magnesia.	Magnesia wenn Chlor = 100	Mittlerer Coefficient.
1	36,472	20,019	2.419	12,03	0,586	2,910	2,203	10,96	1,814
2	36,997	20,491	2,537	12,58	0,598	3,01	2,254	11,37	
3	35,930	19,831	2,312	11,56	0,563	2,81	2.022	10,03	

X. *a.* 1 aus 6 Untersuchungen. Diese Region enthält von allen Theilen des grofsen Weltmeeres die gröfste mittlere Salzmenge, das *Mittelmeer* hier nicht mitgerechnet. Auch gehört diese Abtheilung zu denen, die verhältnifsmäfsig reicher an Schwefelsäure sind. Kalk und Magnesia sind in dem normalen Verhältnifs vorhanden.

XI. Das atlantische Meer zwischen 30° S. B. und den Südspitzen von Amerika und Afrika.

1	35,038	19,376	2,313	11,94	0,556	2,87	2,160	11,15	1,808
2	35.907	19,809	2,451	12,61	0,583	3,03			
3	34,151	18,909	2,194	11,45	0,541	2,74			

XI. In dieser Region nimmt der Salzgehalt rasch ab, während er in der entsprechenden Region der nördlichen Hemisphäre nur einen geringen Unterschied zeigt. Diese Verschiedenheit rührt offenbar von dem *Golfstrome* her, der das Wasser der tropischen Zone den nördlichen Regionen zuführt. Die Verhältnisse der einzelnen Bestandtheile sind normal.

XII. Das Meer zwischen Afrika und den ostindischen Inseln.

1	33,868	18,670	2,247	12,04	0,557	2,98	2,055	11,01	1.814
2		19,753	2,470	12.72	0,600	3,12			
3		14,289	1,724	11,81	0,446	2,80			

XII. *a.* 1 aus 12 Untersuchungen bestimmt. Diese zum Theil tropische Region des Weltmeeres hat verhältnifsmäfsig nur eine geringe Salzmenge, welches theils seinen Grund in den grofsen Wassermassen haben mag, welche das *Asiatische* Festland und die grofsen Inseln dem Meere zuführen; hauptsächlich aber, wie die Betrachtung der späteren Regionen zeigen wird, davon herrührt, dafs das Meer der südlichen Halbkugel in Folge geringerer Verdunstung weniger salzreich zu sein scheint, als das der nördlichen.

XIII. Das Meer an der südöstlichen Küste von Asien zwischen den ostindischen und aleutischen Inseln.

	a.	b.	c.	d.	e.	f.	g.	h.	i.
	Salzgehalt.	Chlor.	Schwefelsäure	Schwefels. wenn Chlor = 100	Kalk.	Kalk wenn Chlor = 100	Magnesia.	Magnesia wenn Chlor = 100	Mittlerer Coefficient.
1	33,506	18,460	2,207	11,96	0,563	3,05	2,027	10,99	1,815
2	34,234	18,873	2,58	12.05	0,613	3,25			
3	32,270	17,757	2,104	11,78	0,516	2,90			

XIII. *a.* 1 aus 7 Untersuchungen bestimmt.

XIV. Das Meer zwischen den aleutischen und Gesellschafts-Inseln.

1	35,219	19,495	2,276	11,67	0.571	2,93	2,156	11,06	1,806
2		19,943	2,344	11,78	0.623	3,13			
3		18,908	2,195	11,61	0,535	2,182			

XIV. Mittelzahlen aus 7 Untersuchungen.

XV. Der Patagonische Kaltwasserstrom.

1	33,966	18,804	2,215	11,78	0,514	2,88	2,076	11,04	1,806
2	34.152	18,976	2,257	11,93	0,563	3,100			
3	33,788	18,754	2,133	11,37	0.507	2.70			

XV. Mittelzahlen aus 6 Untersuchungen bestimmt.

XVI. Das Südpolarmeer.

Forchhammer hat nur drei von Sir James Ross mitgebrachte Wasserproben analysirt. Sie sind sehr abweichend von einander, die eine von 74° 15′ S. B. und 167° O. L. enthielt nur 15,776 p. m. Salz, die andere von 65° 57′ S. B. und 144° 37′ O. L. dagegen 37,513 p. m. Salz, welches fast dem mittleren Salzgehalt des *Mittelmeeres* entspricht. Unter solchen Umständen hat die Mittelzahl keine Bedeutung. Die dritte ist von 77° 32′ S.B. und 188° 21′ O.L. nicht weit von der grofsen südlichen Eisbarriere.

Forchhammer hat mit Ausschlufs der *Nordsee*, des *Kattegat*, der *Ostsee*, des *Mittelmeeres* und des *Schwarzen* Meeres folgende Mittelzahlen für das Weltmeer berechnet:

Gesammte Salzmenge	34,304	p. m.
Chlor	18,945	„
Schwefelsäure	2,253	„
Kalk	0,561	„
Magnesia	2,096	„
Coefficient	1,811	„

Verhältnifs von Chlor, Schwefelsäure, Kalk, Magnesia
100, 11,89 2,96 11,07.

Diese Zahlen werden natürlicherweise durch fortgesetzte Untersuchungen Veränderungen erleiden, bedeutend werden diese aber gewifs nicht sein. Alle diese Zahlen beziehen sich aber nur auf das Meerwasser der Oberfläche.

Salzgehalt des Meerwassers in verschiedenen Tiefen.

Bei einer flüchtigen Betrachtung der Verhältnisse möchte man geneigt sein zu glauben, dafs das Salzwasser von der Oberfläche nach der Tiefe zu an Salzstärke zunehmen müfste. Dieser Satz gilt in gewissen, vielleicht in den meisten Fällen, allein es gibt eine grofse und merkwürdige Ausnahme von dieser Regel.

Es ist schon früher gezeigt, dafs die *Ostsee,* wenigstens in ihrer Mündung, dem *Sunde,* in der Tiefe salzreicheres Wasser führt, als an der Oberfläche. Etwas ähnliches wissen wir von den Häfen und Führden in der innern *Ostsee.* Das Wasser in der *finnischen* Bucht und dem Hafen von *Kronstadt* ist in der Tiefe salzreicher als an der Oberfläche, ebenso ist es in der Führde von *Kiel* und wird wahrscheinlich so in der ganzen *Ostsee* sein, wo nicht starke und tief gehende Strömungen die gesammte Wassermasse gleichförmig mischen. Im *Mittelmeere* findet nach Forchhammers neuesten Untersuchungen ein ähnliches Verhältnifs statt, indem jede Salzprobe aus der Tiefe, verglichen mit der von der Oberfläche, eine Zunahme des Salzgehaltes anzeigt, mit Ausnahme einer einzigen, nämlich der Probe, die zwischen *Candia* und der *Afrikanischen* Küste geschöpft war. Der mittlere Chlorgehalt nach eilf Wasserproben von der Oberfläche, war 20,889, der von acht Proben aus einer Tiefe von 3—600 Fufs war 21,138. Der Unterschied in diesen beiden Chlormengen entspricht einem halben p. m. Salz und ist immer eine bedeutende Zunahme in Verhältnifs zu der geringeren Tiefe. Merkwürdig ist die Abnahme des Chlorgehaltes zwischen *Candia* und der *Afrikanischen* Küste, der an der Oberfläche nach zwei Bestimmungen derselben Probe 21,718 p. m. und an derselben Stelle aus einer Tiefe von 522 Fufs gleichfalls nach zwei Bestimmungen 21,524 p. m. beträgt. Diese Ausnahme scheint

die Folge der durch die *libysche Wüste* veranlafsten starken Verdunstung des Wassers der Oberfläche zu sein. Dies ist das Verhältnifs der mehr oder minder abgeschlossenen Theile des Meeres.

Im *Atlantischen* Meere fand Forchhammer folgende Verhältnisse: Wasser, von Dr. Rink in der *Baffinsbay*, etwas W. von der *Discoinsel* an der Oberfläche geschöpft, enthielt 33,594 p. m. Salz, aus einer Tiefe von 420′ 33,607 p. m. Der Salzgehalt war also hier nahe derselbe. Wasser von Capt. Gram unter 59° 45′ N. B. und 39° 4′ W. L. etwas östlich von der Südspitze von *Groenland* an der Oberfläche geschöpft, hatte einen Salzgehalt von 35,067 p. m., aus einer Tiefe von 270′ 35,963. Auf einer andern Stelle unter 59° 50′ N.B. und 7° 52′ W.L., also N. von *Schottland* hatte das Wasser von der Oberfläche 35,576 p.m., dagegen das aus der Tiefe von 270′ 35,462. Wasser, gleichfalls von Capt. Gram unter 59° 42′ N. B. und 51° 5′ W. L. etwas W. von der Südspitze von *Groenland*, an der Oberfläche geschöpft, zeigte 34,876 p.m. Salz, dagegen aus einer Tiefe von 300′ 34,975 [1]).

Von dem Meere zwischen *Island* und *Groenland* und südlich von *Groenland* hat Forchhammer noch acht Proben erhalten, aufgenommen in einer Tiefe von 2—300 Klafter, wobei es nur zu bedauern ist, dafs die entsprechenden Oberflächen-Beobachtungen nicht angestellt sind. Da wir aber in Besitz sind von ungewöhnlich vielen Oberflächen-Beobachtungen von diesem Theile des Meers, können wir die Mittelzahlen vergleichen. Diese sind folgende:

Die Mittelzahl von der Oberfläche . . . . 35,356 p. m.
- - - einer Tiefe von 12—1800 F. 35,057 „

Vergleicht man die Salzmengen der aus der Tiefe geschöpften Wasserproben miteinander, so zeigt sich, dafs sie abnehmen gegen W. von 35° 1′ und 55° 40′ W. L. mit einer Salzmenge von 35,179 für den östlichsten Punkt bis zu einer Salzmenge von 34,858 für den westlichsten.

Betrachten wir nun diese vergleichenden Bestimmungen von dem Salzgehalt auf der Oberfläche und in der

[1]) Bei diesen letzten zwei Proben ist nur das Chlor bestimmt, und um es mit den andern Untersuchungen vergleichen zu können, ist die Chlormenge mit dem Mittelcoefficient 1,811 multiplicirt.

Tiefe der *Baffinsbucht, Davisstrafse* und des nördlichen *Atlantischen* Meeres, so zeigt sich das interessante Verhältnifs, dafs in der *Davisstrafse* und der *Baffinsbucht* kein merklicher Unterschied im Salzgehalt der Oberfläche und der Tiefe stattfindet. Im *Atlantischen* Meere ist dagegen das Wasser in der Tiefe weniger salzreich als das von der Oberfläche, und wie es scheint steht der Salzgehalt im umgekehrten Verhältnisse mit der Tiefe. Selbstredend ist es, dafs das salzreichere Wasser auf einem salzärmeren defshalb schwimmen kann, weil mit der abnehmenden Temperatur in der Tiefe das spez. Gewicht des Meerwassers zunimmt. Es ist ferner kaum zweifelhaft, dafs ein Theil des von der *Baffinsbucht* und dem *Nordamerikanischen* Polarmeer kommenden Wassers sich in der Tiefe als ein gegen S. gehender Grundstrom fortsetzt.

Weiter gegen S., S. W. von der *Newfoundlandsbank*, unter 20° 21′ N. B. und 54° 15′ W. L., wo das Wasser des *St. Lorenzstromes* noch einigen Einflufs hat, fand Forchhammer in einer von Admiral v. Dochum geschöpften Probe von der Oberfläche 36,360 p. m. Salz und in einer aus 240 Fufs Tiefe 36,598, also eine zunehmende Salzmenge. In einigen von Capt. Schultz geschöpften Proben aus der Nähe der europäischen Küste bei 47° 15′ N. B. und 9° 30′ W. L., also aufsen vor der *Biscayischen* Bucht fand er:

von der Oberfläche	35,922	p. m. Salz
„ 390 Fufs Tiefe	35,925	„ „
„ 510 „ „	36,033	„ „

also ein sehr geringer Unterschied; aber mitten im *Atlantischen* Meer, unter 12° 36′ N. B. und 25° 35′ W. L. fanden sich in einigen von Sir James Ross geschöpften Proben:

von der Oberfläche	36,196	p. m. Salz
„ 11,100 Fufs Tiefe	35,170	„ „

Dies ist die gröfste Tiefe, aus welcher Forchhammer Wasser untersucht hat. In dem gleichfalls von Sir James Ross geschöpften Wasser von 1° 10′ N. B. und 25° 54′ W. L. fand er

von der Oberfläche	35,737	p. m. Salz
„ 1800 Fufs Tiefe	35,520	„ „
„ 3600 „ „	35,365	„ „

Aus diesen Untersuchungen folgt, dafs derselbe kältere, aber weniger salzreiche tiefere Strom sich durch das *Atlantische* Meer in einer bedeutenden Entfernung von der Küste fortsetzt, dafs aber die Masse von süfsem Wasser, die von den *amerikanischen* und *europäischen* Küsten kommt, ein umgekehrtes Verhältnifs in der Nähe von diesen veranlafst, indem das Wasser dort in den tieferen Schichten salzreicher ist.

So sind die Verhältnisse im *Atlantischen* Meer. Forchhammer nimmt an, dafs die Thatsachen zahlreich genug sind, um die daraus gezogenen Schlüsse zu rechtfertigen. Ganz anders scheinen dagegen die Verhältnisse in den übrigen Theilen des Weltmeeres zu sein. Leider hat Forchhammer nur vier Untersuchungen mit Proben anstellen können, die die Valkyrie und Galathea mitgebracht hatten. Die eine von der ersteren geschöpfte Probe ist von 1° 56′ S. B. und 81° 5′ O. L. Forchhammer fand:

von der Oberfläche . . . . 35,512 p. m. Salz
aus 210 Fufs Tiefe . . . . 35,819 „ „

Eine andere von demselben Schiff mitgebrachte Probe von 35° 2′ S. B. und 62° 5′ O. L. von dem Meere zwischen *Afrika* und *Neuholland* enthielt:

von der Oberfläche . . . . 35,415 p. m. Salz
„ 300 Fufs Tiefe . . . . 35,671 „ „

Die eine von den von der Corvette Galathea mitgebrachten Proben war von 38° 31′ N. B. und 148° 27′ O. L.
Das Wasser der Oberfläche enthielt . 34,052 p. m. Salz
aus einer Tiefe von 3000 Fufs . . . 34,426 „ „

Eine andere von der Galathea mitgebrachte Probe von 4° 30′ N. B. und 107° 16′ O. L. von dem *Chinesischen* Meere war in Fäulnifs übergegangen unter starker Entwickelung von Schwefelwasserstoff. Da ein Theil der Schwefelsäure zersetzt worden war, so kann die Salzmenge nicht mit Sicherheit berechnet werden, da die Chlormenge aber sehr nahe proportional mit der Salzmenge ist, kann diese gut zur Vergleichung gebraucht werden.

von der Oberfläche war sie . . . 18,846 p. m. Chlor
„ 360 Fufs Tiefe . . . . 18,885 „ „

also in der Tiefe eine, wenn auch unbedeutende Zunahme

des Chlor, mithin auch der ganzen Salzmenge; diese würde also nach einem Coefficient von 1,811 berechnet:

für die Oberfläche	34,130 p. m.
„ 360 Fufs Tiefe	34,201 „

betragen. Soweit Forchhammer.

Ueber den Gehalt an Gasen im Meerwasser, welcher in geologischer Beziehung von Wichtigkeit ist, theilen wir nachstehende Untersuchungen mit:

Aimé[1]) bestimmte den Luftgehalt des Meerwassers auf der Rhede von *Algier* aus verschiedenen Tiefen und fand, dafs es entweder gar keine oder nur eine äufserst geringe Menge Luft entweichen läfst. In 65 Meter Tiefe ergaben sich 0,01 bis 0,02 seines Volumens Luft, in Tiefen von 1249 und 1606 Meter entweder gar keine oder nur einige Bläschen.

Nach A. Hayes[2]) enthält das Meerwasser an seiner Oberfläche mehr Sauerstoff, als 100 bis 200 Fufs unter derselben.

Auf der Reise der Bonité[3]) wurde an mehreren Stellen Meerwasser aus verschiedenen Tiefen geschöpft. Allein der Umstand, dafs die Wasserproben aus der Tiefe mehr oder weniger beträchtliche Mengen weifslicher Flocken schwebend enthielten, scheint einen nachtheiligen Einflufs auf die relativen Quantitäten des Sauerstoffs und der Kohlensäure gehabt zu haben. Wahrscheinlich fand während der Aufbewahrung der Wasserproben, bis zur Untersuchung im Collége de France, eine Zersetzung jener Flocken und der durchsichtigen Thierchen auf Kosten des vom Wasser absorbirten Sauerstoffs statt, wodurch ein Theil der gefundenen Kohlensäure erst erzeugt worden war. Da die an der Oberfläche geschöpften Wasserproben ganz klar waren: so ist zu vermuthen, dafs in diesen weniger Sauerstoff zu Kohlensäure geworden ist.

Nachstehend die Resultate der vorstehenden Untersuchungen. In der letzten Spalte wurde die Summe des Sauerstoffs und der Kohlensäure hinzugefügt, welche, da

---

[1]) Poggendorff's Ann. Bd. LX. S. 414.
[2]) A. a. O.
[3]) Compt. rend. T. VI. p. 616.

sich bei Umwandlung des Sauerstoffs in Kohlensäure das Volumen nicht ändert, stets dieselbe ist, wie auch die ursprünglichen Quantitäten beider Gase gewesen sein mögen.

Zeit und Ort.	Tiefen in pariser Fufs.	Gas in 100 Vol. Wasser[1])	Zusammensetzung des Gases.			Sa. des Sauerst u. der Kohlens.
			Sauerstoff.	Kohlensäure.	Stickgas.	
1836 Aug. 30. Südsee 11° 8' N. 108° 50' W.	0	2,09	0,13	0,22[2])	1,74	0,35
	349	2,23	0,23	0,40	1,58	0,63
1837 März 19. Golf v. Bengal 11° 43' N. 87° 18' O.	0	1,98	0,11	0,28	1,59	0,39
	997	3,04	0,10	1,77	1,17	0,87
1837 Mai 10. Golf v. Bengal 18° N. 85° 32' O.	0	1,91	0,12	0,25	1,54	0,37
	1495	2,43	0,14	0,73	1,56	0,87
1837 Juli 31. Ind. Ocean 24° 5' S. 52° O.	0	1,85	0,18	0,23	1,44	0,41
	2243	2,75	0,27	0,96	1,52	1,23
1837 Aug. 24. Atlant. Ocean 30° 40' S. 11° 47' O.	[3])					
	1994	2,04	0,08	0,59	1,37	0,67

Hieraus geht hervor, dafs der Luftgehalt durchgängig mit der Tiefe zunimmt. Sehr bedeutend nimmt die Kohlensäure zu. Obgleich des angeführten Umstandes wegen die numerischen Werthe etwas unsicher sind: so zeigt sich doch auch in der Summe des Sauerstoffs und der Kohlensäure eine sehr bedeutende Zunahme[4]). (Vgl. I. Aufl. Bd. II, 1133.)

Lewy[5]) fand zwischen *Havre* und *Kopenhagen* die

---

[1]) Bei 760 Mm. Barometerstand von 0° R.

[2]) Diese Kohlensäuremenge ist unsicher.

[3]) Das an dieser Stelle an der Oberfläche geschöpfte Wasser ging verloren.

[4]) Die Reduction des Volumens der Kohlensäure in vorstehender Tafel auf ihre Gewichte liefert bei weitem weniger Kohlensäure, als Vogel und ich gefunden haben. Das Minimum gibt nur 0,045, das Maximum 0,35 Gewichtstheile in 10000 Th. Meerwasser, mithin selbst das Maximum kaum halb so viel Kohlensäure, als nach meiner Analyse. Man kann die Ursache nicht darin suchen, dafs auf der Reise der Bonité die Wasserproben innerhalb oder sehr nahe der heifsen Zone geschöpft wurden; denn so grofs ist nicht der Unterschied zwischen der Absorptionsfähigkeit des wärmern Meerwassers unter den Tropen und des kälteren im Kanale, dafs daraus jene Differenzen erklärt werden könnten.

[5]) Ann. de chim. et de phys. 1844. T. VIII. p. 425.

Variationen in der Zusammensetzung der atmosphärischen Luft über dem Meere gröſser als über dem Continent. Dies steht im Zusammenhange mit der Zusammensetzung der vom Meerwasser absorbirten Gase. Morren (der Aeltere)[1] fand die Luft im Meerwasser (in der Gegend von *St. Malo*) zwischen $\frac{1}{30}$ und $\frac{1}{20}$, im süſsen Wasser dagegen zwischen $\frac{1}{45}$ und $\frac{1}{30}$ vom Volumen des Wassers wechselnd. Süſses Wasser verliert seinen Luftgehalt leichter als Meerwasser. Unter normalen Umständen enthält bei trübem Himmel das süſse Wasser 32 Proc. Sauerstoffgas und 2 bis 4 Proc. Kohlensäuregas, das Meerwasser 33 Proc. Sauerstoff und 9 bis 10 Proc. Kohlensäuregas. Nach mehreren sonnenklaren Tagen vermehrt sich der Sauerstoff und kann 39 Proc. erreichen, während er in den trübsten Tagen bis auf 31 Proc. herabsinkt. Je mehr sich das Sauerstoffgas vermehrt, desto mehr vermindert sich das Kohlensäuregas, in Folge der Zersetzung des letzteren durch Pflanzen und kleine Thiere unter dem Einflusse des Sonnenlichts. Wenn sich der Sauerstoffgehalt im Meerwasser in gröſserer Menge entwickelt: so steigt der in der Luft an der Oberfläche des Meeres, namentlich in eingeschlossenen und mit einer reichen Vegetation ausgestatteten Meerwasser-Pfützen. Diesem fügt Lewy hinzu, daſs die Menge des Sauerstoffs im Meerwasser bei Tage etwas gröſser als bei Nacht ist, während die der Kohlensäure sich umgekehrt verhält, und daſs gleichzeitig mit der Zersetzung der Kohlensäure durch die Pflanzen, die organischen Substanzen im Meerwasser dessen schwefelsaure Salze zersetzen und Schwefelwasserstoffgas und Schwefelwasserstoff-Ammoniak erzeugen, wovon das Meer stets eine merkliche Menge enthält. Diese Verhältnisse zeigen demnach einen innigen Zusammenhang zwischen der Entwicklung der grünen Pflanzen und der Veränderung der im Meerwasser enthaltenen Gase. A. und Ch. Morren[2]) haben schon früher einen ähnlichen Einfluſs der grünen Thierchen unter dem Einflusse des Lichtes auf die in süſsem Wasser enthaltenen Gase nachgewiesen[3]).

Von geologischer Bedeutung ist namentlich die durch

[1]) Ibid. T. XII. p. 5.
[2]) Mém. de l'Acad. de Bruxelles 1841.
[3]) Annuaire des Eaux de la France pour 1851. par Deville p. 40.

die vorstehenden Untersuchungen im Meerwasser nachgewiesene Kohlensäure. Und wie könnte sie auch in einer Flüssigkeit fehlen, in welcher eine bei weitem gröfsere Zahl von Thieren athmet als auf dem Lande? Diese Kohlensäure mufs ununterbrochen fort zersetzend auf Silicate und auflösend auf vorhandene Kalkmassen wirken. Sind, wie aus meinen Versuchen zu folgen scheint, der kohlensaure Kalk und die kohlensaure Magnesia als Sesquicarbonate im Meerwasser enthalten: so fordern die von mir gefundenen Quantitäten derselben 0,165 Kohlensäure zur Auflösung; mithin ungefähr $^1/_5$ der vorhandenen Kohlensäure. Diese reicht daher hin, 5mal so viel von beiden Carbonaten aufzulösen, als wirklich aufgelöst ist. Dafs das Meerwasser in seinem Gehalte an kohlensaurem Kalk so weit unter seinem Sättigungspunkte ist, kann nur von der beständigen Abscheidung desselben durch die Muschelthiere herrühren. Durch diese Abscheidung kehrt aber immer wieder die Kohlensäure, welche dieses Carbonat aufgelöst hatte, in das Meerwasser zurück. Ohne dafs also Kohlensäure von aufsen hinzuzukommen braucht, kann im Meere der Kreislauf der Auflösung von Carbonaten und ihrer Abscheidung durch organische Thätigkeit immer fort von Statten gehen.

Denken wir uns ein untermeerisches Kalkgebirge: so löset das Meerwasser davon beständig auf, ohne dafs es sich aber damit sättigt. Da sich das Meer zwischen *England* und *Frankreich* in dem Becken eines Kreidegebirges befindet: so haben wir hier ein solches Verhältnifs, und wir sehen, dafs hier die Abscheidung des kohlensauren Kalk durch organische Thätigkeit den Kalkgehalt im Meere weit unter dem Sättigungspunkte erhält. Nicht zu übersehen ist aber auch, dafs die beständigen Strömungen im Meere das mit kohlensaurem Kalk beladene Wasser fernen Gegenden zuführen, wo sich keine oder doch nur geringe Kalkmassen zur Auflösung darbieten. Eben defshalb haben wir auch nicht immer da, wo untermeerische Kalkgebirge durch Auflösung nach und nach zerstört werden, die Bildung neuer Kalkschichten zu suchen.

Mit der täglichen Verdunstung des Meerwassers ver-

— Aimé stellte ähnliche Versuche mit Algen im Meerwasser an. Annal. de chim. et de phys. T. II. p. 535.

flüchtigt sich allerdings auch die im verdunstenden Wasser enthaltene Kohlensäure. Zu einer Ausscheidung des darin enthaltenen kohlensauren Kalk kann es aber nicht kommen, da, wie wir gesehen haben, im zurückbleibenden Wasser 5mal so viel freie Kohlensäure vorhanden ist, als der darin aufgelöste kohlensaure Kalk zur Auflösung fordert. Diese Kohlensäure würde, wenn es zu einer momentanen Ausscheidung käme, sogleich das ausgeschiedene Carbonat wieder auflösen. Dazu kommt, dafs die mit dem verdunstenden Wasser entweichende Kohlensäure durch die Flüsse und durch die Meteorwasser immer wieder zurückgeführt wird. Der Gehalt des Meerwassers an freier Kohlensäure unterliegt daher gewifs nur äufserst geringen Schwankungen.

Alles was vom kohlensauren Kalk gilt, hat auch Bezug auf die kohlensaure Magnesia, und um so mehr, da diese stets später aus verdunstenden Flüssigkeiten sich abscheidet, als jener. Auch diese Erde kann daher nur durch organische Thätigkeit aus dem Meerwasser abgeschieden werden, wie dies auch der Magnesiagehalt in den von Seethieren gebildeten Kalksteinen zeigt.

Die Bildung des Glaukonit durch organische Thätigkeit der Polythalamien setzt die Gegenwart aufgelösten Eisenoxydulsilicats im Meere voraus. Das künstlich Dargestellte löst sich in 105000 Theilen Wassers auf (Kap. XXV). Obgleich die Löslichkeit künstlicher Silicate nicht mafsgebend sein kann für die der natürlichen Silicate: so darf es doch andererseits nicht unberührt bleiben, dafs bei der Zersetzung zusammengesetzter Silicate des Mineralreichs stets einfache wasserhaltige Silicate entstehen, mithin solche, wie wir sie auch künstlich erhalten.

Die Zersetzung eines submarinen augitischen Gesteins durch die Kohlensäure im Meerwasser kann so gedacht werden, dafs alle alkalischen Erden und das Eisenoxydul in neutrale unlösliche Carbonate oder in lösliche Bicarbonate umgewandelt werden.

Das in Lösung übergegangene Eisenoxydulcarbonat liefert den Polythalamien das Material zur Bildung von Eisenoxydulsilicaten. (Kap. IX).

Dafs aber auch ohne organische Thätigkeit Eisenoxy-

dulsilicate gebildet werden können, zeigen die tropfsteinartigen Formen und die Ueberzüge derselben auf anderen Mineralien.

Durch Zersetzung der schwefelsauren Salze, namentlich des Gyps durch organische Substanzen, werden Schwefelmetalle gebildet, welche wir so häufig in sedimentären Formationen finden.

Während des unzweifelhaft sehr langen Zeitraums, in welchem die Temperaturverhältnisse der Erdoberfläche sich nicht wesentlich verändert haben, ist auch die ganze Wassermasse auf derselben constant geblieben. Hatte aber in der Schöpfungs-Periode die Erdoberfläche eine höhere Temperatur als jetzt: so war damals eine gröfsere Menge Wassers in der Atmosphäre, und eine geringere auf der Erdoberfläche, als jetzt. War damals die Erde glühend heifs: so existirte auf ihr gar kein liquides Wasser, oder doch nur eine geringe Menge unter dem hohen Drucke einer mit Wasserdampf übersättigten Atmosphäre.

Das quantitative Verhältnifs zwischen dem liquiden und festen Wasser auf der Erde und dem gasförmigen in der Atmosphäre mufste demnach während jenes langen Zeitraums, in welchem sich die Temperaturverhältnisse nicht wesentlich verändert haben, ein constantes geblieben sein. Wäre innerhalb dieses Zeitraums das Verhältnifs zwischen Meer und Land, sowie die Configuration des letzteren unverändert geblieben: so würde auch der Spiegel des Ocean weder gestiegen noch gefallen sein. So ist es aber nicht.

Die Hebung von *Skandinavien* zeigt, dafs noch jetzt solche Dislocationen stattfinden. Sie reichen unzweifelhaft bis zu den frühesten Erdbildungsperioden hinauf; denn die ältesten unter den bekannten Formationen unserer Erdkruste sind sedimentäre, mithin im Meere gebildete, welche nur durch Hebung über dasselbe in ihre jetzige Lage gekommen sein können.

Die noch jetzt vor sich gehenden Hebungen hat man in neuerer Zeit an den verschiedensten Punkten der Erde mit unzweifelhafter Gewifsheit nachgewiesen. Die durch v. Buch, Forbes, Lyell, Keilhau festgestellte Hebung von *Skandinavien* dauert wenigstens an der *Ostseeküste*

heutigen Tages noch fort. Aus den sehr verschiedenen Höhen, zu welchen eine und dieselbe Strandlinie, Muschelbank und Uferterrasse an verschiedenen Theilen der Küste ansteigt, ergibt sich mit Unfehlbarkeit, dafs sich das Land gehoben und nicht etwa der Meeresspiegel gesenkt habe, da der letztere Vorgang nothwendig eine gleichmäfsige Niveau-Differenz hervorgebracht haben würde. Forchhammer zeigte, dafs ein grofser Theil von *Dänemark* gleichfalls in neuerer Zeit sich über den Meeresspiegel erhebt und dafs vor allem deutlich die Ostküste der Insel *Bornholm* noch in stetem Steigen begriffen ist. Die englischen Geologen haben auf ihrer küstenreichen Insel die unwiderleglichsten und zusammenhängenden Beweise für neuere Hebungen beigebracht. Vielorts im Bereiche des *Mittelländischen* Meeres, an den Küsten von *Sicilien, Sardinien, Gibraltar* haben Hoffmann und Sartorius von Waltershausen zahlreiche Beobachtungen gemacht, dafs dieselben Vorgänge auch hier im gröfsten Maafsstabe theils sich ereignet haben, theils noch immerwährend im Gange sind. Auch in *Newfoundland,* den *Sundainseln,* den *Philippinen, Neuholland, Chile* u. s. w. hat man die offenbarsten Beweise für ganz junge, meistens noch fortdauernde Hebungen aufgefunden.

Setzen wir eine Periode voraus, innerhalb welcher das Meer die ganze Erdoberfläche bedeckte: so waren damals alle Continente und Inseln unter dem Meere, und der Spiegel desselben mufste höher gestanden haben als jetzt.

Nach Al. von Humboldts[1]) approximativer Berechnung ergeben sich für die Höhe des Schwerpunktes des Volumens aller Continental-Massen (exclusive *Afrika)* über dem heutigen Meeresspiegel 946,8 Fufs. Setzen wir approximativ das Verhältnifs des Areal des Landes zu dem des Meeres wie 1:3: so würde vor der Hebung der Continente der Meeresspiegel $\frac{946,8}{3} = 315,6$ Fufs höher gestanden haben, als jetzt.

Wollen wir nur einige Augenblicke auf einem hypothetischen Felde verweilen. Gehen wir von einem feuer-

[1]) Poggend. Ann. Bd. LVII. S. 418.

flüssigen Zustande unserer Erde in der Schöpfungsperiode aus: so würde, wenn wir anknüpfen an das Obige, die damalige Erde nur mit einem Minimum glühend heifsen Wassers bedeckt gewesen sein und der Meeresspiegel würde den niedrigsten Stand gehabt haben. Die intensiven zersetzenden Wirkungen eines solchen Wassers auf das Gestein würden mit den langsamen und schwachen des kalten Wassers gar nicht zu vergleichen sein. Mit diesen Vorgängen würden die aus den zersetzten Gesteinen hervorgegangenen sedimentären Bildungen ihren Anfang genommen haben. In Folge der Abkühlung der Erdoberfläche würde das atmosphärische Wassergas fortwährend condensirt, mithin das Wasser auf der Erde vermehrt worden und der Wasserspiegel des damaligen Meeres gestiegen sein. Nach Erkaltung der Erdoberfläche bis zu ihren dermaligen Temperaturen würde das dermalige quantitative Verhältnifs zwischen dem liquiden und festen Wasser auf der Erde und dem gasförmigen in der Atmosphäre eingetreten sein. Der Meeresspiegel hätte dann seinen höchsten Stand erreicht, wenn nicht während der Erkaltungsperiode der Erdoberfläche schon Hebungen stattgefunden haben sollten.

Wir verlassen dieses hypothetische Feld, können jedoch die Bemerkung nicht unterdrücken, dafs der vorausgesetzte feuerflüssige Zustand der Erde in der Schöpfungsperiode keiner Erscheinung widerspricht, wohl aber unzweifelhafte Thatsachen, die Temperaturzunahme nach dem Innern der Erde, die Thermalquellen und die vulkanischen Erscheinungen auf die einfachste und ungezwungenste Weise erklärt [1]).

Durch Erosion der Continente und der Inseln und durch Fortführung des Detritus in das Meer steigt der Spiegel desselben. Wird in einer gewissen Zeit 1 Zoll hoch vom Gestein erodirt und vertheilt sich das erodirte Material auf die 3mal so grofse Fläche des Meeresbodens: so entsteht ein Absatz von $1/3$ Zoll Höhe. So ist es aber nicht; denn nur da wo keine submarine Strömungen, wie die Polarströmung, stattfinden, können mechanische Absätze entstehen. Diese beschränken sich daher auf die die

---

[1]) Vergl. S. 8.

Küsten bespülenden Meere an der Mündung der Flüsse, auf eingeschlossene Meere und auf Meerbusen.

Das Areal dieser Theile des Meeresbodens ist gewiſs bei weitem kleiner als das der Continente und Inseln; der Boden erhöht sich daher in diesen Theilen des Meeres durch die Absätze bei weitem mehr, als sich das Land durch die Erosion erniedrigt. So begreift man, wie die auf dem Hochlande wenig, in den tief eingeschnittenen Thälern aber sehr sichtbaren Erosionen, wenn die Flüsse, wie der *Rhein*, ein groſses Wassergebiet haben, solche Massen Detritus liefern, daſs Seen, wie der, welcher ehemals das *Rheinthal* zwischen *Basel* und *Bingen*, und Meerbusen, wie der, welcher dieses Thal von *Königswinter* bis zur Mündung des *Rheins* einnahm, ausgefüllt werden konnten. Solche Ausfüllungen von Meerbusen mit Detritus muſsten, da dadurch das Wasser verdrängt und dem offnen Meere zugeführt wurde, ein Steigen seines Spiegels, wenn gleich wegen der groſsen Ausdehnung des Weltmeers nur in einem unmerklichen Grade, veranlassen.

Die Erosion schreitet ununterbrochen fort. Endlich muſs eine Zeit kommen, in welcher alle Berge verschwunden und nur wenig das Meer überragende Ebenen zurückgeblieben sein werden. Sofern bis dahin keine Hebungen neuen Landes stattfinden sollten, würde dann, bis auf jene Reste, alles Land in das Meer zurückgeführt worden sein und der Meerespiegel wieder seinen früheren Stand, 315 Fuſs über dem jetzigen, erreicht haben. Die Hebung von *Skandinavien* zeigt aber, daſs dies nicht geschehen wird. In diesem vom Meere begrenzten Lande konnte und kann jetzt noch die Hebung wahrgenommen und sogar gemessen werden. Sollten aber nicht bei weitem gröſsere Strecken Landes und groſser Seen in der Mitte groſser Continente, wie die Umgebungen des *Kaspischen* und des *Todten* Meeres, das ganze Thal des *Jordan* bis zum See *Tiberias*, welche noch jetzt unter dem Meeresspiegel liegen, in Hebung begriffen sein? — Hier würden begreiflicher Weise keine so bestimmten Kennzeichen einer fortschreitenden Hebung wie an den Küsten *Skandinaviens* zu finden sein.

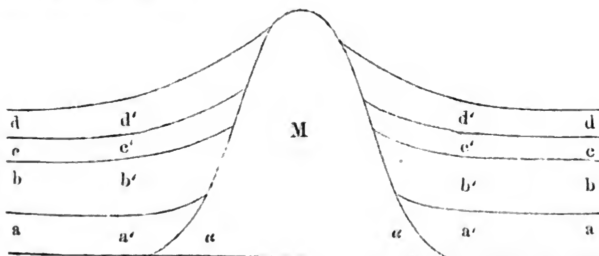
Wir beschlieſsen dieses Kapitel mit allgemeinen Bemerkungen hinsichtlich der Verhältnisse, unter welchen

sedimentäre Bildungen auf dem Meeresboden stattfinden müssen.

Bekannt ist, dafs der Meeresboden auf ähnliche Weise configurirt ist, wie die Oberfläche des Landes.

Zahlreiche Messungen der Tiefe des Meeres haben ergeben, dafs oft jähe Abstürze vorkommen. Aus den von Scoresby an nahe gelegenen Punkten der *grönländischen* Küste angestellten Messungen ergibt sich approximativ eine Neigung von 11° 9′ gegen die Horizontale. Nach Boyle's Messungen steigt im *brittischen* Kanal der Neigungswinkel bis auf 35° [1]). Auf der andern Seite finden sich grofse Strecken im Meeresgrunde, wo die Tiefe sehr wenig schwankt. So ist die mittlere Tiefe der grofsen Bank von *Newfoundland,* welche über 120 geogr. Meilen lang und an einer Stelle bis 47 Meilen breit ist, etwa 240 engl. Fufs, und schwankt sehr wenig. An den Rändern dieser Bank ist aber das Meer 600 bis 1800 engl. Fufs tief. Solche Bänke sind daher als submarine Hochebenen zu betrachten [2]).

Die nachstehenden Betrachtungen schliefsen sich an dasjenige an, was im Kap. VI über submarine Berge gesagt worden ist.



M sei ein submariner Berg, der bis zu seiner ganzen Höhe von den sedimentären Schichten *aa, bb, cc, dd* eingeschlossen wurde.

Ist der Winkel *α* so grofs, dafs die niedersinkenden schwebenden Theilchen auf den Abhängen von *M* nicht haften und der Wellen-Bewegung nicht widerstehen kön-

[1]) Neu-Gehlers Wörterbuch § 1617 und 1618.

[2]) Naumann's Geognosie B. I. S. 393.

nen: so gleiten sie an denselben hinab und mengen sich am Fufse von *M* mit den Theilchen, welche entfernt von *M* auf den horizontalen Meeresboden fallen. Daher mufsten die Schichten von *a'*, *b'*, *c'*, *d'* an gegen *M* hin an Mächtigkeit zunehmen, bis sie endlich den Gipfel von *M* erreichen.

Liegt dieser Gipfel noch tief unter der Meeresoberfläche, so treten andere Verhältnisse ein; nun setzen sich die schwebenden Theilchen auf dem Gipfel in demselben Verhältnisse, wie auf den entstandenen Schichten ab und es entstehen dann gleichmächtige parallele Schichten.

Die auf dem Gipfel sich ablagernden Theile bilden selbstredend Sedimente, welche identisch mit denen auf den tiefsten Stellen des Meeresgrundes sind. Sind z. B. diese Theile Quarzkörner, welche mit geringen Quantitäten feiner Thontheilchen gemengt sind: so entstehen Sandsteine mit thonigem Bindemittel. Dies erklärt das so häufige Vorkommen gleicher Schichten in bedeutenden Tiefen-Abständen, ohne dafs man partielle Hebungen anzunehmen hat.

Ist der Winkel α so klein, dafs die niedersinkenden Theilchen auf den Abhängen von *M* liegen bleiben: so bilden sich Schichten, welche in gleicher Mächtigkeit dem ansteigenden Meeresboden folgen, und aus der horizontalen Lage in die geneigte übergehen.

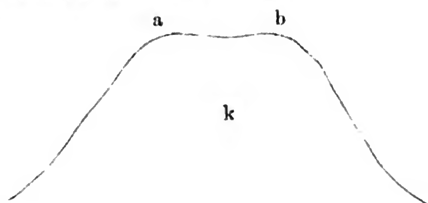
Angenommen, solche submarine Berge bestehen aus krystallinischem Gesteine und die Sedimente, welche sie einhüllen, bilden sich zu Thonschiefer aus: so entstehen Formen, wie wir sie so häufig im rheinischen Schiefergebirge in den aus diesem mehr oder minder hervorragenden Basalt oder Trachyt-Kuppen finden.

Der Berg *M* stellt dieses Verhältnifs dar. Ein submariner Berg wird dagegen von dem sich bildenden Thonschiefer ganz umhüllt. Solche unterirdische Kuppen krystallinischer Gesteine können nur dann ein Gegenstand der Beobachtung werden, wenn sie der Bergbau aufschliefst.

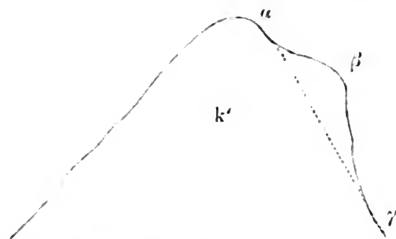
Wer könnte läugnen, dafs in der Jetztzeit solche Einhüllungen untermeerischer Hervorragungen in Sedimenten wirklich von Statten gehen müssen?

Die Sedimente lehnten sich in horizontaler Schichtung an die geneigten Flächen des eingeschlossenen Gesteins an, und kommen erst in geneigte Lage, wenn das

ganze Gebirge ungleichförmig gehoben wird. Man wird einwenden, dafs da, wo die Schichten des sedimentären Gebirges stark aufgerückt sind, die aus ihm hervorragenden Berge in eine stark schiefe Stellung gekommen sein würden, was meist nicht der Fall ist. Dagegen ist zu bemerken, dafs selbst dann, wenn ein Berg durch eine plötzlich ungleichförmige Hebung in eine schiefe Stellung kommen sollte, der auf der einen Seite steiler gewordene Abhang bald abgeschrägt werden würde.



Ist die Abstumpfungsfläche *a b* des Kegels *k* horizontal, so fliefsen die auf ihn fallenden Regenwasser gleichmäfsig auf den schiefen Seitenflächen ab. Was sie daher vom Gestein, theils mechanisch, theils chemisch fortführen, ist ebenfalls gleichmäfsig. Der Kegel verliert nicht seine Form. Kommt er aber durch eine ungleichförmige Hebung in



die Stellung *k'*, so fliefsen alle auf die schiefe Fläche *α β* fallenden Regenwasser auf dem steiler gewordenen Abhange ab und führen hier mehr vom Gesteine fort, als auf der entgegengesetzten Seite. Das Eck *β* wird abgeschrägt bis zur Linie *α γ*. Nach dem Vorbilde von *Skandinavien* ist indefs nicht zu vermuthen, dafs die Hebungen plötzlich erfolgen. Gehen sie aber langsam von Statten, so werden

die Veränderungen in der Configuration um so eher durch die Wirkungen der Gewässer ausgeglichen.

Was die Gewässer vermögen, wie sie weit ausgedehnte sedimentäre Gebirge, welche zur Zeit ihrer Bildung zusammenhängende Massen waren, in kegelförmige Berge zertheilen können, zeigen die Kalkgebirge namentlich in den *Alpen*. Wer gewohnt ist, die Kegelform nur in Basaltbergen zu erblicken, wird z. B. beim Besuche des *Innthales* von *Kuffstein* aufwärts, enttäuscht durch die grofse Zahl von kegelförmigen Bergen, welche oben wie unten aus Kalkstein oder Dolomit bestehen. In einem tief eingeschnittenen Thale, in welches viele Querthäler einschneiden, müssen sich nach und nach Bergformen bilden, die dem Beobachter im Hauptthale, der den Hintergrund nicht überschauen kann, als konisch-pyramidale erscheinen, aber nichts anderes, als mehr oder weniger steile Dächer sind, deren Gräte in das Gebirge hinein verlaufen.

Je höher das Gebirge ist, je geringer die Entfernungen zwischen je zwei Seitenthälern sind, desto steiler und schlanker sind diese Bergformen. Sie sind daher das Werk der Erosion der im Hauptthale und in den Seitenthälern fliefsenden Gewässer.

Ch. H. Davis zeigte in einer vortrefflichen Abhandlung[1]), dafs die Unebenheiten des Meeresgrundes den Absatz der schwebenden Theile in grofsen Mengen an einzelnen Stellen veranlassen, indem da, wo sie die Strömungen unterbrechen, Strudel entstehen, welche die Absätze besonders begünstigen, während da wo Strömungen sind, die Absätze theilweise fortgeführt werden. Diese Unebenheiten brauchen nicht sehr grofs zu sein. Geringe Hindernisse an der Oeffnung der Häfen, oder in Flüssen dienen als Kern für die Absätze. Wird eine Strömung durch eine Landzunge oder durch hervorstehende Küsten unterbrochen: so setzen sich hier die schwebenden Theile theilweise ab, indem diese Stellen als Kern für eine mit dem Lande zusammenhängende Sandbank auf gleiche Weise, wie die

---

[1]) Upon the geological action of the tidal and other currents of the ocean. From the Memoirs of the American Academy of arts and sciences, new Series V. IV.

Unebenheiten des Meeresbodens für Sandbänke mitten im Meere dienen [1]). Die hierauf folgende allmälige Erhebung der Sandbänke über das Meer ist dem Einflusse der Winde zuzuschreiben.

Die normalen Strömungen des Ocean mögen dieselben Wirkungen hervorbringen, wie die periodischen der Ebbe und Fluth. Die constante Strömung in das *Mittelländische* Meer dient als ein schlagendes Beispiel. An dem Felsen von *Gibraltar* theilt sie sich in zwei Arme, wovon der erste in die Bucht von *Gibraltar* dringt, während der andere ostwärts von dem Felsen geht. Die Wirkung dieser beiden in Conflict kommenden Strömungen hat das lange und schmale Sandriff, bekannt unter dem Namen „neutraler Boden", welcher die Festung mit der spanischen Halbinsel verbindet, aufgebaut. Die beträchtliche Bank ostwärts von diesem Riff ist ein Beispiel eines Bay-Absatzes.

Die periodischen Strömungen und Delta-Absätze sind unvereinbar; wo solche oder auch normale Strömungen stattfinden, kann kein Delta entstehen [2]). An den Mündungen aller durch ihre Deltas ausgezeichneten Flüsse, wie an denen des *Mississippi*, *Nil*, *Po*, *Orinoco* und der *Rhone*, ist nur eine schwache oder gar keine periodische Strömung. Andere Flüsse hingegen, an deren Mündungen solche Strömungen sich auf eine merkliche oder entschiedene Weise zeigen, haben, wenn sie auch reich an schwebenden Theilen und grofs in ihren Dimensionen sind, keine Delta-Absätze: so der *Canton*, *Guayaquil*, *Amazonenstrom*, *Paraguay*, die Ströme an der östlichen Küste von *Nordamerika*, nördlich von *Florida*, und an der westlichen von *Europa* [3]).

Die periodische Strömung während der Fluth bewirkt

---

[1]) Diese Art der Anhäufung der schwebenden Theile ist den Wasserbaumeistern schon längst bekannt. In der *Aar* und *Rhone* werden Mauern für den Zweck aufgeführt, neues Land durch Bildung von Wirbeln zu gewinnen; es entstehen dadurch bedeutende Absätze an diesen Stellen.

[2]) Dieses Verhältnifs wurde schon von de la Beche in seinem „Geological Manual" auseinandergesetzt.

[3]) Dafs indefs manche Ströme, welche der Ebbe und Fluth ausgesetzt sind, unter gewissen Umständen doch Deltas bilden, werden wir weiter unten sehen.

die Absätze in der Richtung ihres Fortrückens an den Küsten; durch die rückgängige Strömung der Ebbe gelangen die schwebenden Theile in das offene Meer. Jene liefern das Material für die Alluvial-Absätze über dem Wasser, diese für die Absätze in der Tiefe des Meeres.

In Beziehung auf die Sandabsätze bieten die Küsten *Amerika's* viele Beispiele dar. Davis zeigt, daſs das Zusammentreffen entgegengesetzter Ströme der günstigste Umstand für die Bildung ausgedehnter Absätze ist. An den Küsten *Europa's* finden sich Sandabsätze von bedeutender Ausdehnung. *Holland* ist in vielen Beziehungen die interessanteste unter allen ähnlichen Formationen. Der enge Kanal zwischen dem Continent und *England* bringt reiſsende Strömungen hervor und verhindert Absätze in ihm, mit Ausnahme der engen Buchten, wo stilles Wasser ist oder seine Gewalt durch Wirbel gebrochen wird. Wo sich aber das Meer, nachdem es den *Kanal* passirt hat, ausbreitet, sind die Bedingungen zu Absätzen gegeben, besonders da, wo es, wie in den Räumen, welche jetzt die *Niederlande* und die Halbinsel *Jütland* einnehmen, vor der Anschwemmung dieser Länder der Fall war, die Form einer Bucht annimmt. Die Convergenz der periodischen Strömungen in der *Nordsee* und im *Kanal* gewährt ein sehr anschauliches Bild von diesen Verhältnissen. Whewell bemühte sich in seinen schätzenswerthen „Researches on the Tides“ durch Verknüpfung aller Thatsachen dieses Meer in zwei rotatorische Systeme der Wellen der Ebbe und Fluth zu bringen, wovon das Eine den Raum von *Norfolk* und *Hallard* bis *Norwegen*, das Andere den Raum zwischen den *Niederlanden* und *England* umfaſst. An der Küste von *Jütland* verschwinden die Strömungen, und er sucht dies aus den Bewegungen des ersteren Systems zu erklären.

In dieser ganzen Region correspondirt die Höhe der periodischen Fluthwellen mit der Form des Landes und mit der Ausdehnung der Meeresabsätze. Die gröſste Höhe der ersteren zwischen *Brest* und *Dünkirchen* variirt zwischen 30 und 16 Fuſs; indem sie aber den engen Weg im *Englischen* Kanal zurücklegen und sich längs der Küste der *Niederlande* fortziehen, sinkt ihre Höhe bis auf 9, 6 und 3 Fuſs herab, und wird endlich an der nördlichen

Küste von *Jütland* ganz Null. Hier treffen nämlich die von Norden herkommenden und die vom *Englischen* Kanal ausgehenden Fluthwellen zusammen, wodurch die letzteren, an die östlichen Küsten gedrängt, in ihren Fortschritten aufgehalten und endlich zurückgedrängt werden. In diesen rotatorischen Systemen oder Wirbeln der periodischen Strömungen von großser Ausdehnung, in der Buchtform der Küste, und in der allmälig abnehmenden Höhe der Fluthwellen, womit sich auch ihre Stärke vermindert, haben wir eine Combination der günstigsten Verhältnisse für alluviale und untermeerische Absätze.

Bisher, sagt Davis, wurde die Ebbe und Fluth hauptsächlich als ein astronomisches Problem betrachtet; sind aber die obigen Ansichten richtig, und wir können an ihrer Richtigkeit nicht zweifeln, so werden diese periodischen Strömungen auch sehr bedeutungsvoll für die Geologie und haben gewifs ihren Einflufs auf die sedimentären Bildungen in allen Perioden geäufsert. Die Wirkung der Ebbe und Fluth oder der Einflufs des Mondes auf die Erdoberfläche in dieser Weise ist eine neue Anwendung des Gravitations-Gesetzes [1]).

Die Brandung ist unter gewissen Verhältnissen eine unausgesetzte und mächtig wirkende, die Küsten zerstörende Kraft, während sie unter andern Verhältnissen Dämme gegen sich selbst aufwirft. Ihr zerstörender Einflufs tritt besonders hervor, wenn die Gesteine, gegen welche sie sich anwälzt, aus mürben Substanzen zusammengesetzt sind, und sich etwas steil über das Niveau des Meeres erheben. Die Zerstörung von Küsten, die eine gleiche Härte be-

---

[1]) Wie für die Geologie, so haben Ebbe und Fluth auch für den internationalen Verkehr eine grofse Bedeutung. Wo Delta-Bildungen nicht stattfinden, wo der dem Meere zugeführte Detritus durch die periodischen Strömungen fortgeführt wird und erst weit entfernt von der Mündung der Flüsse zum Absatze kommt, da wird die Schifffahrt nicht gehemmt, und um so weniger, da die Schiffer die Fluthzeit zur Ein- und Ausfahrt benutzen können. So ist es z. B. beim *Rhein*, ganz anders aber bei der *Donau*. Im *Schwarzen* Meer ist keine Ebbe und Fluth; daher die bedeutenden Deltabildungen an der Mündung der *Donau*; daher keine Gelegenheit, die Fluthzeit zum Ein- und Auslaufen der Schiffe benutzen zu können.

sitzen, steht fast immer in einem Verhältnisse zu der Ausdehnung des offenen Meeres, welcher dieselben ausgesetzt sind.

Die äufsere Gestaltung der meisten Küsten ist bedingt durch die Härte der Gesteine, welche sie bilden; die mürberen Schichten weichen dem Andringen der Brandung, während die härteren ihren Platz für eine längere Zeit behaupten. Bei homogenen Schichten, die eine Küste bilden, hängt viel von ihrer Neigung gegen die Brandung ab. So haben z. B. an vielen Orten der Südküste von *Devon* und *Cornwall* die schieferartigen Gesteine einen geringen Neigungswinkel gegen das Meer, so dafs die Wellen nie mehr als die Zerstörung einiger loser oberflächlicher Massen bewirkt haben. Die zerstörende Kraft an anderen Orten ist wohl bekannt; und hierfür bietet die östliche Küste von *England* hinlänglichen Beweis, wo man sich während weniger Jahrhunderte beträchtlicher Grenzüberschreitungen durch das Meer erinnert.

Die Brandung wirkt auf die durch sie weggeführten Massen nach deren Gewicht, Gestalt und Festigkeit.

Die Ebbe und Fluth wird diese Massen theilweise wegführen, und der Rest wird am Ufer der unmittelbaren Einwirkung der Brandung ausgesetzt bleiben, die fortwährend daran arbeitet, ihn in kleinere Stücke, und zuletzt in Sand zu zerreiben.

Bei der Zerstörung von Gesteinen von ungleicher Härte kommt es nicht selten vor, dafs die härteren Theile, wenn sie grofs sind, wie z. B. viele Verwachsungen im Sandstein und Mergel, oder Blöcke von verhärteten Schichten, am Fufse des Felsen liegen bleiben und diesen gegen das mächtige Andringen der Brandung in hohem Grade schützen[1]).

In diesen Fällen bringen die Wellen dieselbe Wirkung hervor, wie oben (Kap. VI. B.) von Flüssen und Quellen gewurde. Die in den Thonschiefergeschieben oft mehrere Linien hervorragenden Quarzadern finden ihre Analogien in grofsem Maafsstabe an der Meeresküste.

Wenn ein Detritusufer durch die Brandung während

[1]) De la Beche a. a. O. p. 70.

eines heftigen Sturmes theilweise aufgewühlt ist und mechanisch in der Schwebe erhalten wird: so ist die Wirkung der Wellen eine sehr beträchtliche, selbst gegen die härtesten Felsen, und letztere werden erodirt.

Dieselben Verhältnisse wie sie auf dem unebenen Meeresboden stattfinden, gestalten sich auch in tiefen Seen, wenn der Seeboden bald ansteigt, bald niedersinkt. Die Erhöhungen werden nach und nach von den niedersinkenden schwebenden Theilchen eingeschlossen.

Im *Atter-*, *Traun-*, *Mond-* und *Wolfgang*-See des *Salzkammerguts*, deren Tiefen von Simony[1]) an vielen Punkten gemessen wurden, zeigen sich auf einzelnen Stellen des Seebodens bedeutende locale Erhöhungen. Die gröfste dieser Erhöhungen findet sich im *Atter*-See in der Nähe von *Nufsdorf*, wo sich fast in der Mitte des hier 9600 Fufs breiten See's aus 480 Fufs Tiefe ein ziemlich umfangreicher Hügel 288 Fufs hoch erhebt.

Wahrscheinlich besteht dieser Hügel aus Kalkstein. Die *Traun* und *Ischl* führen wohl gröfstentheils schwebende Kalktheilchen mit sich, da sie durch das Kalkgebirge fliefsen. Ich wurde überrascht durch das klare, dunkelblaue Wasser der aus dem *Traun*-See abfliefsenden *Traun*, während es oberhalb des See's, nach kaum eingetretenem Regenwetter aufserordentlich trübe war. In den verschiedenen Seen, durch welche die *Traun* und *Ischl* fliefsen, setzen sich daher alle schwebenden Theile ab und haben sich seit langen geologischen Perioden schon abgesetzt. Daher ist unzweifelhaft jener 288 Fufs hohe Hügel schon von den abgesetzten schwebenden Theilen eingeschlossen worden, und so ist zu vermuthen, dafs ein aus Kalk bestehender Hügel eingeschlossen ist und noch mehr eingeschlossen werden wird durch eine neuere sedimentäre Kalksteinbildung.

Die Bedingungen zu sedimentären Bildungen sind in den Seen noch günstiger als im Meere; denn jenen werden schwebende Theilchen im Verhältnifs zu ihrem Areal in weit gröfserer Menge zugeführt als dem Meere. In den Seen sind keine Strömungen, welche den Absatz verhindern;

---

[1]) Die Seen des *Salzkammerguts*.

alles, was von den Absätzen durch die Wellen-Bewegung aufgewühlt wird, bleibt im See und kommt immer wieder zum Absatze.

In den *Bodensee* z. B. gelangen alle schwebenden Theile, die der *Rhein* aus seinem Stromgebiete bis zu seiner Mündung in diesen See führt und werden darin abgesetzt; denn das aus dem See abfliefsende Rheinwasser ist klar oder enthält doch nur Spuren von schwebenden Theilen.

Kapitel VIII.

Absätze der schwebenden Theile der Gewässer.

Die Absätze aus Gewässern sind theils mechanische, bewirkt durch die in ihnen schwebenden Theile, theils chemische (Kap. IX), bewirkt durch die in ihnen aufgelösten Stoffe. Manche Sedimente sind mechanische und chemische zugleich, wenn jene durch diese cementirt werden. Durch die chemische Analyse ist dies nur dann zu ermitteln, wenn das Cement, wie z. B. kohlensaurer Kalk, in Säuren auflöslich ist. Zu den mechanischen und chemischen Sedimenten gehören wohl in den meisten Fällen die Conglomerate.

So findet man Geschiebe die durch kohlensauren Kalk oder durch Dolomit zusammengekittet sind. So bei *Venedig*, wo sie einen grobkörnigen Kalkstein bilden, der dem älteren tertiären Kalk täuschend ähnlich ist. An den Ufern des *Schwarzen* und *Kaspischen* Meeres kleben kleine Quarzgeschiebe innig aneinander und bilden einen grobkörnigen Muschelsandstein, der Cardien und Mytilen, wie sie dort noch jetzt im Meere leben, in grofser Menge enthält. Bisweilen bestehen ganze Hügel am Meeresufer aus diesem Conglomerate, worin sich lehmige Zwischenschichten finden[1]). Abich[2]) beschreibt eine grofse Gesteinsmasse, welche mit der Sonde aus der Tiefe des *Kaspischen* Meeres im Golf von *Baku* heraufgebracht wurde. Sie besteht aus einem Conglomerat von gröfseren und kleineren Muscheln und deren Trümmern, von Quarzsand und abgerundeten Kalkspathkörnern, die durch kohlensauren Kalk zu einem sehr festen Kalkstein von oolithischer Natur verkittet sind. Derselbe enthält 74,86% kohlensauren Kalk, 2,84% kohlensaure Magnesia, 20,99% unlösliche Substanzen, Thonerde,

[1]) Eichwald in Noveaux Mém. de la Soc. des Natural. de Moscou T. IX. p. 212.

[2]) Dessen vergleichende chemischen Untersuchungen der Wasser des *Kaspischen* Meeres etc. S. 12.

0,96% Eisenoxyd und Kieselsäure, 0,48% schwefelsauren Kalk, 0,41% organische Substanzen. Die Oberfläche dieses Conglomerats war grofsentheils mit einem gleichartigen Ueberzuge einer Spongiaart bedeckt. Nach Zerstörung des Organischen durch Glühhitze schrumpft das Spongienaggregat zu einem weifslichen filzartigen Kieselscelet mit Beibehaltung seiner ursprünglichen Form zusammen.

Die mechanischen Sedimente im Meere aus Flüssen können zunächst nur von den Seeküsten ausgehen. Sie können sich aber sehr weit in das Meer hinein ausdehnen, wie die grofsen Entfernungen zeigen, bis zu welchen der Lauf grofser Ströme noch zu erkennen ist. So weit als dieser Lauf sich erstreckt, werden die schwebenden Theile in das Meer geführt und darin abgesetzt. Noch weiter werden dieselben durch die Strömungen im Meere und durch die Winde fortgeführt.

Zahlreiche Peilungen im *Lake Superior* zeigten, dafs sein Boden hauptsächlich aus einem sehr bindenden Thon, der Muscheln von noch jetzt im See existirenden Arten enthält, besteht. Der Luft ausgesetzt, erhärtet dieser Thon so sehr, dafs starke Schläge erforderlich sind, ihn zu zerbrechen. Er braust schwach mit Säuren und ist an verschiedenen Stellen im See verschieden gefärbt [1]). Da die Oberfläche des *Lake Superior* nahe so grofs als ganz *England* ist: so müssen die von den Flüssen zugeführten schwebenden Theile weit in denselben hineingetrieben werden. In ihm finden auch Strömungen nach verschiedenen Richtungen durch die ununterbrochen herrschenden starken Winde statt, wodurch die feinen schwebenden Theile über grofse Strecken verbreitet werden.

Die chemischen Niederschläge können mitten im Ocean entstehen, wie dies die Koralleninseln zeigen.

Da die Quellen in der Regel nicht oder doch nur durch zufällige Umstände getrübt werden: so bilden sie nur in seltenen Fällen mechanische Absätze.

Wir unterscheiden mechanische Absätze, welche im Bette der Flüsse selbst, oder in ihren Umgebungen, so weit dieselben bei hohen Wasserständen überfluthet wer-

---

[1]) Lyell Principles Ed. VII. p. 256.

den, erfolgen, von denen die in Seen, durch welche Flüsse strömen, und im Meere, in das sich dieselben ergiefsen, statt haben.

Je weiter wir einen Flufs stromabwärts verfolgen, desto feiner finden wir seine Sedimente, und die feinsten Theilchen gelangen in das Meer. Anfangs sind die durch die Flüsse fortgerollten Gesteine scharfkantig und scharfeckig, und bieten daher ihrem Transporte Schwierigkeiten dar. Ist aber die Geschwindigkeit des Flusses hinreichend, sie durch Abreiben abzurunden: so werden sie leichter fortgeschoben. Da die Neigung der Flufsbette sehr veränderlich ist: so werden die Geschiebe da, wo sie gröfser ist, fortgeschoben, bleiben aber da, wo sie geringer ist, liegen, und werden erst zur Fluthzeit weiter fortgetrieben. Flüsse, welche einen kurzen und schnellen Lauf haben, wie in den dem Meere nahen *Alpen*, führen ihre Geschiebe bis in dasselbe; diejenigen aber, deren Lauf lang ist und deren Gefälle sehr wechselt, setzen die Geschiebe da ab, wo sich ihre Strömung mindert. Dies ist der Fall beim *Rhein*, *Po*, *Ganges*, bei der *Rhone*, *Donau* u. s. w.[1]).

Die aus Gletschern kommenden Flüsse sind stets mit einer beträchtlichen Menge schwebender Theile, herrührend vom Zermalmen der Gesteine durch die gewaltige Last der fortrückenden Gletscher, beladen. So enthielt Wasser aus der *Aar*, geschöpft an ihrem Ausflusse aus dem Aargletscher, nach Dollfufs, 14,2 schwebende Theile in 100000 Th. Wasser. Martins[2]) bemerkt gegen Ebel und Durocher, dafs die Gletscherströme nie weifslichblau erscheinen, welches ich durch meine Beobachtungen nur bestätigen kann[3]). Die Seen aber, in welche sie sich er-

---

[1]) A geological Manual by H. de la Beche 1831. p. 46. — Durch künstliches Eindämmen nimmt die Geschwindigkeit der Flüsse zu und macht sie fähig, viel beträchtlichere Mengen schwebender Theile dem Meere zuzuführen. So sind der *Po*, die *Etsch* und fast alle ihre Nebenflüsse zwischen künstlichen Dämmen eingeschlossen, und defshalb haben sich ihre Deltas im *Adriatischen* Meere seitdem sehr vergröfsert. Lyell a. a. O. p. 206.

[2]) Edinb. n. philos. Journ. 1847. July p. 86.

[3]) Während eines 14tägigen Aufenthaltes in *Schwaz*, unterhalb *Innsbruck*, hatte ich Gelegenheit, den *Inn* täglich zu beobachten.

giefsen und ansammeln, haben eine schöne azurblaue Farbe, wie der *Genfersee,* oder eine tief pistaciengrüne Farbe, wie der *Brienzersee;* der mit diesem See auf der Landenge von *Interlaken* communicirende *Thunersee* ist aber blau. Die aus den Seen kommenden Flüsse haben gleichfalls eine azurblaue Farbe. Das so gefärbte Wasser der *Rhone* bei ihrem Ausflusse aus dem *Genfersee* contrastirt sehr mit der grauen und mudlichen Farbe der *Arve,* welche unmittelbar aus den Gletschern von *Chamouny* kommt und durch keinen See fliefst. Gleich der *Arve* ist aber die *Rhone* an ihrem Einflusse in den *Genfersee* grau. So fand auch ich die Farbe des *Rhein* oberhalb des *Bodensee* grau, bei seinem Ausflusse aus demselben dagegen mehr dunkelgrün als blau.

Die Gewässer der *Alpen* erscheinen daher nur dann grün oder blau, wenn sie frei von schwebenden Theilen sind. Haben sich dieselben noch nicht gänzlich abgesetzt: so erscheinen die Gewässer grün: sind sie aber ganz frei davon: so tritt die blaue Farbe hervor. Der Unterschied zwischen der Farbe des *Brienzer* und des *Thuner* See's zeigt dies deutlich. Der Absatz der schwebenden Theile erfolgt aber, wenn die trüben Gletscherbäche in die Seen sich ergiefsen. In diesen oder in den daraus abfliefsenden Strömen kommt daher erst die blaue Farbe zum Vorschein. Wären diese Seen nicht vorhanden: so würden die Alpenströme eben so trübe sein wie andere Flüsse [1]).

Das Wasser war stets weifslich getrübt, obgleich es während dieser Zeit nur zweimal geregnet hatte. Noch im *Engadin* fliefst der *Inn* durch zwei kleine Seen, den *Lago di Lungin* und den *Silser-See.* Der Hauptzuflufs kommt aber von den *Muretto*-Gletschern, und während seines Laufes durch *Tyrol* nimmt er noch mehrere Gletscherbäche auf. Der gröfste Theil des Wassers rührt daher von Gletscherbächen her, welche nicht durch Seen fliefsen.

[1]) Nach Simony (die Seen des *Salzkammergutes* S. 12) ist das Wasser der Seen des *Salzkammergutes* während des Thauwetters und nach lange anhaltendem Regen am trübsten, im Winter, besonders vor Eintritt des Frühlings am klarsten. Bei zuflufsreichen grofsen Seen reicht im hohen Sommer die Durchsichtigkeit 5 bis 10 Fufs, im Spätwinter dagegen 24 bis 30 Fufs tief. Im *Fuschl*-See im *Salzkammergut* konnte die Sonde noch in 40 F. Tiefe wahrgenommen werden. Die vielen Seen daselbst, welche mehr als 30 F. tief sind,

Die Menge der schwebenden Theile in den Flüssen ist natürlich zu verschiedenen Zeiten und in verschiedenen Tiefen sehr verschieden. Im Allgemeinen wächst sie mit der Höhe des Wasserstandes. Es zeigen sich aber Verschiedenheiten, da die Wasserhöhen des Hauptstroms und der sich in ihn ergiefsenden Nebenflüsse nicht immer mit einander übereinstimmen, und da in den ersten Tagen des Regens die gröfste Menge schwebender Theile zugeführt wird. Da die Geschwindigkeit der Flüsse mit der Tiefe abnimmt: so werden hier die schwebenden Theile langsamer als auf der Oberfläche fortgeführt.

Da nach Kap. V S. 267 die im Wasser der Flüsse aufgelösten Bestandtheile um so weniger betragen, je höher ihr Wasserstand ist: so steht die Menge derselben nahe im umgekehrten Verhältnisse zu der der schwebenden Theile, wie wir weiter unten sehen werden.

Man hat sich viele Mühe gegeben, die Menge der schwebenden Theile zu ermitteln, welche ein Flufs dem Meere zuführt[1]). Wurden dieselben durch Abdampfen einer gewissen Menge Wassers bestimmt: so erhielt man die Menge der schwebenden und aufgelösten Substanzen zu-

---

zeigen im Spätwinter die dunkelgrüne bis in's Schwarzgrüne übergehende Färbung; sie wird nur in den Untiefen durch die Farbe des Seebodens modificirt. Im Sommer dagegen erscheinen manche blaugrün, stellenweise oft sogar schön himmelblau, während andere ihre grüne und nur durch die verminderte Durchsichtigkeit heller werdende Farbe beibehalten. Obgleich ihre Zuflüsse nur aus dem Alpenkalk kommen: so liegen sie doch in sehr verschiedenen Schichten und bedingen dadurch eine ziemliche Mannichfaltigkeit in den von den verschiedenen Gewässern fortgeführten Gemengtheilen. Dies zeigt sich besonders in der verschiedenen Färbung des feinsten Schlammes in den einzelnen Seebecken, und dadurch werden die Modificationen in der Farbe der Seewasser hervorgerufen. Die blaue Farbe scheint, nach Simony, wesentlich von vorherrschendem Mergel und grauen Sandsteinen herzurühren. Der hintere *Gosau*-See, welcher durch die oft ganz milchigen Gewässer des *Gosau*-Gletschers im Hochsommer so getrübt ist, dafs seine Durchsichtigkeit kaum 4 Fufs tief reicht, erscheint von den Höhen gesehen, im schönsten Chrysoprasgrün.

[1]) Gehler's physical. Wörterbuch. Neue Bearbeitung T. VIII. S. 213.

gleich. Aus einer einzigen Untersuchung läfst sich auf die Menge der dem Meere zugeführten schwebenden Theile gar nicht schliefsen. Nur ein Jahr lang fortgesetzte Bestimmungen können einen Anhaltepunkt gewähren. Die ersten auf diese Weise angestellten Untersuchungen verdanken wir Everest[1]). Er fand, dafs das Wasser des *Ganges* in 100000 Gewichtstheilen[2]) enthielt:

vom 15. März bis 15. Juni	21,71	Th.
„ 15. Juni bis 15. Oct.	194,30	„
„ 15. Oct. bis 15. März	44,57	„
„ im Mittel	86,86	„

Vergleicht man das Minimum dieser Angaben mit dem unten folgenden der *Maafs* und des *Rhein*: so ist nicht zweifelhaft, dafs er sie durch Abdampfen des Wassers bestimmt hat. Die jährliche Menge der schwebenden und aufgelösten Theile des *Ganges* würde demnach 6368077440 Cubikfufs betragen[3]).

Diese Menge würde jährlich ein Lager von 79800 Fufs Länge und Breite und 1 Fufs Dicke, oder von 172 englischen Quadratmeilen und 1 Fufs Dicke geben. Der *Brahmapura*-Strom führt wahrscheinlich dem Meere eben so viele feste Bestandtheile zu als der *Ganges*[4]).

Nach Riddell[5]) ist der mittlere jährliche Betrag der festen Bestandtheile des *Mississippi* 80,32. Spätere Bestimmungen geben nur 58,82. Wahrscheinlich wurden diese Werthe gleichfalls durch Abdampfen des Wassers erhalten. Aus dem ersteren Werthe berechnet Lyell, dafs die jährliche Menge der festen Bestandtheile, welche dieser Strom dem Meere zuführt, 3702,‴758400 Cubikfufs betrage, und dafs für die Bildung seines Delta, welches 13600 englische

---

[1]) Journ. of Asiatic Soc. Calcutta 1832. March. Daraus in Bibl. univ. 1834. p. 47.

[2]) Alle folgenden Bestimmungen beziehen sich auf dieses Wassergewicht.

[3]) Nach Haedenkamp (Poggendorff's. Ann. Bd. XC. S. 345) üben die Veränderungen auf der Erdoberfläche, welche durch die Translocation grofser Massen von festen Bestandtheilen durch die Flüsse, und durch Hebungen von Gebirgen entstehen, einen nur unbedeutenden Einflufs auf die Veränderungen der Rotationsaxe der Erde aus.

[4]) Lyell a. a. O. S. 270.

[5]) Ebend. S. 218.

Quadratmeilen grofs ist, ein Zeitraum von 67000 Jahren erforderlich war.

Nach Barrow[1]) enthält der *Gelbe* Strom in *China* 500 feste Bestandtheile[2]). Nach seiner Berechnung führt dieser Strom davon in der Stunde 2 Mill. Cubikfufs mit sich, und innerhalb 70 Tagen würde er, wenn die Tiefe des *Gelben* Meeres, in welches er sich ergiefst, zu 120 Fufs angenommen wird, eine englische Quadratmeile desselben und in 24000 Jahren es ganz ausfüllen.

Nach den von Chandellon[3]) angestellten täglichen Bestimmungen betrug das Maximum der schwebenden Theile in der *Maas* bei *Lüttich* während des Monats December 1849, 47,4, das Minimum 1,4 und das Mittel 10.

L. Horner[4]) fand im August 1833 im Wasser des *Rhein* bei *Bonn*, als derselbe ungewöhnlich niedrig, trüb und gelb war, 165 Fufs vom linken Rheinufer, 7 Fufs unter der Wasserfläche und 6 Fufs vom Grund 31,02 schwebende und aufgelöste Theile. Im November, nachdem kurz vorher viel Regen gefallen, und das Wasser dunkler gelb war, fand er aus der Mitte des Stroms 1 Fufs unter der Oberfläche 51,45 Theile.

Steifensand fand am 29. Februar 1844, nach plötzlichem Anschwellen des *Rhein* bei *Uerdingen* 78 schwebende Theile[5]). In dem am Ufer bei *Bonn* den 24. März 1851 geschöpften Wasser, als der Strom sehr angeschwollen und trüb war, fand ich 20,5 schwebende Theile; dagegen am 27. März 1852, nach mehreren Wochen anhaltend trockner Witterung, und als schon die schöne blaugrüne Farbe des Wassers auf eine sehr geringe Menge schwebender Theile schliefsen liefs, nur 1,73 in 100000 Theilen. Dies ist wohl so ziemlich das Minimum der schwebenden Theile im Wasser des *Rhein*, und stimmt sehr nahe mit dem Minimum im Wasser der *Maas*.

---

[1]) Lyell a. a. O. S. 268.

[2]) Ist auch dieser Flufs stets trübe, so ist dies doch eine ungewöhnlich grofse Menge.

[3]) Annales des travaux publics de Belgique T. IX. p. 204.

[4]) Poggendorff's Ann. Bd. XXXIII. S. 228.

[5]) Hartsoeker's Angabe, dafs der *Rhein* zur Zeit einer hohen Fluth $\frac{1}{100}$ schwebender Theile enthalte, ist gewifs übertrieben.

Die am 24. März 1851 gesammelten schwebenden Theile waren nach dem Trocknen fest zusammen gebacken und weichten nicht im Wasser auf. No. I ist ihre chemische Zusammensetzung und No. II nach Abzug des Wassers und der organischen Substanzen.

Um die Zusammensetzung der schwebenden Theile des *Rhein* oberhalb des *Bodensee* kennen zu lernen, sammelte ich im September 1851 den jüngsten Absatz dieses Stroms im Delta dieses See's. Nach dem Trocknen bildete er ein sehr feines, graues, sandartiges Pulver, ohne allen Zusammenhang. Theils mit bloſsem Auge, theils unter der Lupe erkannte man Quarzkörnchen, sehr kleine silberweiſse Glimmerblättchen und schwarze Körnchen. Mit Säuren brauste dieser Absatz sehr stark und man konnte neben Kohlensäuregas Spuren von Schwefelwasserstoffgas deutlich riechen. No. III ist die chemische Zusammensetzung dieses Absatzes, und No. IV nach Abzug des Wassers und der Carbonate. No. V und VI Analysen von Dachschiefer.

	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.
Kieselsäure	57,63	66,20	50,14	83,36	64,51	58,91
Thonerde	10,75	12,35	4,77	7,93	14,10	14,33
Eisenoxyd	14,42	16,56	2,69	4,47	11,86	17,77
Manganoxyd	Spur	Spur	0,35	0,58	—	—
Kalkerde	2,73	3,14	0,77	1,28	Spur	Spur
Magnesia	0,24	0,28	0,34	0,57	0,92	0,59
Kali	0,89	1,02	0,55	0,91		
Natron	0,39	0,45	0,54	0,90		
Kohlens. Kalk	—	—	30,76	—		
Kohlens. Magnesia	—	—	1,24	—	8,61	8,40
Kohlens. Eisenoxydul	—	—	5,20	—		
Glühverlust	9,64 [1]	—	—	—		
Wasser	—	—	0,99	—		
Verlust	3,31 [2]	—	1,66	—		
	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

[1]) Wasser und organische Substanzen.

[2]) Gröſstentheils von organischen Substanzen herrührend; denn alle Niederschläge bei der Analyse waren in Folge der Zersetzung dieser Substanzen schwarz gefärbt.

Von No. I lösten sich 93,17 Proc. in Salzsäure auf. Durch fortgesetztes Digeriren mit dieser Säure würde wahrscheinlich alles auf-

Die schwebenden Theile des *Rhein* haben in ihrer Zusammensetzung Aehnlichkeit mit den angeführten Dachschiefern.

In der Regel ist in den Thonschiefern die Thonerde in überwiegender Menge gegen das Eisenoxyd vorhanden; diese beiden Dachschiefer zeigen aber, wie mit Abnahme der Thonerde das Eisenoxyd zunimmt, ja wie selbst dieses jene überwiegen kann. Es ist also wohl zu begreifen, wie ein eisenreicher Thonschiefer aus den schwebenden Theilen des *Rhein* entstehen kann, wenn diese im Meere nach und nach zu einem Gestein erhärten, entweder in Folge chemischer Processe, die in jedem im Wasser befindlichen Sediment von Statten gehen, oder durch Aufnahme eines Bindemittels (Kieselsäure, kohlensaurer Kalk u. s. w.). Ein chemischer Procefs, die theilweise Zersetzung des Eisenoxydsilicat in Eisenoxydulsilicat durch die desoxydirende Wirkung organischer Ueberreste (S. 30) findet unzweifelhaft im Meerwasser statt. Die schwebenden Theile des Rheinwassers sind aber reich an organischen Ueberresten. So begreift man, wie das dem Meere als Oxyd zugeführte Eisen mehr oder weniger in Eisenoxydul zersetzt wird, welches sich in um so gröfserer Menge im Thonschiefer findet, je mehr er grün gefärbt ist. Dafs diese schwebenden Theile, die selbst in 4 Monaten im ruhig ste-

---

geschlossen worden sein. Die schwebenden Theile im Rheinwasser erscheinen daher als eine zeolithartige Masse. Dies ist auffallend, wenn man beachtet, dafs sie von zermalmten Gebirgsarten herrühren, welche, wie z. B. der Thonschiefer, nur 24 bis 29 Proc. durch Salzsäure aufschliefsbare Bestandtheile enthalten. Den Grund hiervon kann man wohl nur in der aufserordentlich feinen mechanischen Zertheilung der im Rheinwasser schwebenden Theile und in ihrer vorangegangenen theilweisen chemischen Zersetzung suchen. Wie fein diese Theile sind, geht daraus hervor, dafs mehr als 4 Monate verflossen, ehe sich das Wasser vollständig klärte, und dafs ich mich vergebens bemühte, sie durch Filtriren abzusondern. Eine mehr oder weniger fortgeschrittene Zersetzung der Gebirgsgesteine geht in der Regel der Fortführung durch die Gewässer vorher, und sie schreitet durch die vereinte Wirkung des Wassers und der Kohlensäure in denselben fort. Durch diese Zersetzung werden aber die Gesteine mehr oder weniger aufgeschlossen, und die Kieselsäure geht aus ihrer unlöslichen Modification in die lösliche über.

hendem Wasser nicht zum vollständigen Absatze kamen, noch viel weniger aus dem, in wenigen Tagen in das Meer fliefsenden und in beständiger Bewegung befindlichen Wasser sich absetzen können, ist von selbst klar. Nur wo keine Strömung ist, wie da, wo der *Rhein* bei hoher Fluth aus seinen Ufern tritt, und das Wasser stagnirt, können sich die schwebenden Theile absetzen.

Durch Vergleichung der Menge der schwebenden und der aufgelösten Bestandtheile des *Rhein* (S. 271) ergibt sich Folgendes in 100000 Gewichtstheilen Wasser.

	Schwebende Theile	Aufgelöste Theile	Summa
Wasser geschöpft am 24. März 1851 .	20,5	11,23	31,73
Wasser geschöpft am 27. März 1852 .	1,73	17,08	18,81

Die Carbonate, welche in den schwebenden Theilchen fehlen, finden sich in aufgelöstem Zustande. Die kohlensaure Kalkerde, welche die aus dem Kalkgebirge kommenden Nebenflüsse dem *Rhein* zur Zeit der Fluth gewifs gröfstentheils in Suspension zuführen, wird daher vom Wasser dieses Stroms vollständig aufgelöst[1]).

Die im Rheinwasser zur Zeit der Fluth gefundenen 3,24 Theile kohlensaurer Kalkerde betragen nur $\frac{1}{8}$ von der Menge, welche Flüsse, die im Kalkgebirge entspringen (S. 280), enthalten. Da diesen Flüssen nicht mehr Gelegenheit gegeben ist, Kohlensäure aus der atmosphärischen

---

[1]) Die zur trocknen Jahreszeit krystallklaren Bäche im Kalkgebirge werden bei Regenwetter sehr trübe, weil die Kalktheilchen so leicht vom Wasser fortgeführt werden. Kommt aber solches trübe Wasser in einen grofsen Strom, der, wie der *Rhein* noch lange nicht mit kohlensaurem Kalk gesättigt ist: so lösen sich darin die schwebenden Kalktheilchen auf.

Die im Kalkgebirge entspringenden Quellen zeichnen sich zur trocknen Jahreszeit durch eine aufserordentliche Klarheit aus, die sich selbst dann noch zeigt, wenn ihr Wasser in tiefen Reservoirs gesammelt wird. Es rührt dies davon her, dafs sie nur aufgelösten, nicht aber schwebenden kohlensauren Kalk enthalten. Die im Thonschiefergebirge entspringenden Quellen sind dagegen manchmal und selbst zur trocknen Jahreszeit durch schwebende Thontheilchen getrübt. Daher erlangen auch die in diesem Gebirge fliefsenden Bäche nur selten und nur da die grofse Klarheit der Bäche im Kalkgebirge, wo ihr Wasser stagnirt.

Luft aufzunehmen, als dem *Rhein*: so ist in diesem dieselbe Menge freier Kohlensäure vorauszusetzen, wie in jenen. Demgemäfs würde der *Rhein*, wenn ihm auch 8mal so viel schwebende Kalktheilchen durch die Nebenflüsse zugeführt würden, als jene aufgelöste Menge beträgt, doch alle kohlensaure Kalkerde auflösen.

Wie gering die Menge der dem *Rhein* zur Zeit der Fluth durch seine Nebenflüsse zugeführten schwebenden Kalktheile im Verhältnifs zu seiner grofsen Wassermasse ist, zeigt die Vergleichung der Analysen seines Wassers in No. 3 und 4 (S. 271). Obgleich das Wasser No. 3 zur Fluthzeit, das Wasser No. 4 bei sehr niedrigem Wasserstande geschöpft wurde: so enthielt dieses doch 3mal so viel kohlensauren Kalk wie jenes[1]).

Aus vorstehenden Betrachtungen ergibt sich, dafs der *Rhein* gewifs niemals schwebende Kalktheilchen dem Meere zuführt. Sollten solche ihm von anderen Flüssen zugeführt werden: so ist wohl nicht zu zweifeln, dafs dieselben bald nach ihrer Einführung vom Meerwasser aufgelöst werden. Im offenen Meer können daher niemals schwebende Kalktheile gedacht werden. Alle Kalkabsätze im Meere, die Bildung der Muschelschalen, der Korallenbänke u. s. w. verdanken mithin ihren Ursprung dem im Meerwasser aufgelösten kohlensauren Kalk.

Da sich in den schwebenden Theilen des *Rhein* bei *Bonn* kein kohlensaurer Kalk findet: so können nur die geringen Mengen Kieselsäure, Thonerde und Eisenoxyd in den von diesem Strome und seinen Nebenflüssen durchströmten Kalkgebirgen zu seinen mechanischen Absätzen beitragen. Auch die Sandsteine contribuiren nur wenig zu diesen Absätzen, da ihre Quarzkörner sehr schwierig zermalmt werden. Blos das Bindemittel dieser Gesteine, welches mechanisch oder chemisch von den Gewässern

---

[1]) Als ich die *Würtemberger* Alp während eines nur eintägigen starken Regenwetters passirte, fand ich die in dem dortigen Kalkgebirge entspringenden Bäche so sehr stark getrübt, dafs ich auf einen bedeutend erhöhten Gehalt an aufgelöstem Kalk im Rheinwasser geschlossen haben würde, wenn nicht meine Analysen mich belehrt hätten, dafs zur Fluthzeit die Menge des Wassers in einem viel gröfseren Verhältnisse steigt, als die der zugeführten Kalktheile.

fortgeschlämmt wird, kommt in den *Rhein*. Da das der rothen und bunten Sandsteine meist sehr eisenhaltig ist: so trägt es zu dem bedeutenden Eisengehalte in den schwebenden Theilen des Rheinwassers bei. Vorzugsweise sind es also die Schiefer, die krystallinischen Gesteine und die früheren Thonabsätze des *Rhein* und seiner Nebenflüsse, welche wir darin finden. Ihre dem Thonschiefer so nahe kommende Zusammensetzung wird hieraus erklärlich.

Was der *Rhein* bei *Bonn* an schwebenden Theilen mit sich führt, rührt bei weitem in gröfster Menge von den Gebirgen her, welche er und seine Nebenflüsse unterhalb der *Schweizer* Seen, dieser grofsen Kläranstalten, durchströmen. Ganz im Gegensatze mit diesen schwebenden Gemengtheilen finden sich in dem Absatze bei seiner Mündung in den *Bodensee* mehr als $^1/_3$ kohlensaure Salze. Wenn auch das in den Absätzen des *Rhein* eintrocknende Wasser etwas kohlensaure Kalkerde und kohlensaure Magnesia zurückläfst: so beträgt dies doch nur sehr wenig.

Man sollte vermuthen, dafs ein Strom, welcher kohlensauren Kalk in Suspension mit sich führt, davon mindestens so viel aufgelöst enthalten müfste, als die ganz im Kalkgebirge entspringenden Flüsse. Allein der *Rhein* bei *Basel* enthält nur $^1/_2$ bis $^1/_3$ so viel kohlensauren Kalk, als diese Flüsse. Dafs sich dieser Gehalt durch den Zusammenflufs mit der *Aar* nicht vermindern kann, geht daraus hervor, dafs dieser Flufs bei *Bern* (S. 277) sogar noch etwas mehr kohlensauren Kalk enthält, als der *Rhein* bei *Basel*. Wir müssen daher vermuthen, dafs der *Bodensee* und der in ihn fliefsende *Rhein* nahe so viel von diesem Carbonat enthält, als der *Rhein* bei *Basel*. In diesem Falle ist aber anzunehmen, dafs seine Strömung oberhalb des *Bodensee*, namentlich zur Fluthzeit, so schnell ist, dafs die suspendirte kohlensaure Kalkerde nicht zur vollständigen Auflösung gelangen kann.

Der Ursprung des Glimmers und des Quarzes des Rheinabsatzes im *Bodensee* ist in den Granit-, Gneifs- und Glimmerschiefer-Gebirgen des *Rheinwald*-Thales, des *Luckmanier* am östlichen Abhange des *Gotthard*-Gebirges und in der glimmerreichen Nagelflue zu suchen.

Die geringe Menge Magnesia in diesem Absatze,

welche als Silicat vorhanden war, läfst schliefsen, dafs der Glimmer nicht Magnesia, sondern Kaliglimmer war, welches auch seiner silberweifsen Farbe entspricht. Da in diesem Mineral Kali stets sehr vorherrschend gegen Natron auftritt, in dem Absatze aber beide Alkalien in gleichen Mengen vorkommen: so ist noch auf die Gegenwart einer Feldspath-Species zu schliefsen. Die bedeutende Menge Kieselsäure und die nur 10 Proc. betragende Menge der Basen, welche mit jener verbunden waren, zeigen die Gegenwart einer vorherrschenden Quantität von Quarzkörnern. Die geringe Menge eisenhaltiger Kalkerde läfst schliefsen, dafs die oben erwähnten schwarzen Körnchen ein Eisenoxydul-haltiges Mineral, vielleicht Granat aus dem Glimmerschiefer waren. Die geringen Spuren Gyps im Absatze rühren ohne Zweifel von eingetrocknetem Rheinwasser her. Organische Substanzen haben ihn theilweise in Schwefelcalcium zersetzt, daher die oben (S. 498) bemerkte Schwefelwasserstoff-Entwicklung.

Der Rheinabsatz im *Bodensee* enthält das Material zur Bildung des Kalkglimmerschiefers, und es ist wohl zu denken, wie er ein solcher werden kann, wenn er durch ein Cement erhärtet und der kohlensaure Kalk krystallinisch wird.

Näher liegt es, diesen Absatz mit demjenigen des *Rhein* zu vergleichen, welcher den Namen Löfs[1]) führt, und im Rheinthale und in den Seitenthälern bis zu Höhen von 300 Fufs über den *Rhein* ansteigt[2]).

---

[1]) Vgl. die interessante Abhandlung von Daubrée über den Löfs in Descript. géol. et minér. du dép. du *Bas-Rhin*. Strafsbourg 1852.

[2]) Nach Leuschner (Jahrb. für Min. 1852, 971) steigt der Löfs in den *Karpathen* bis zu einer Höhe von 3000 F. an. Der Verf. bespricht überhaupt die grofse Verbreitung des Löfs von den Ufern des *Rhein* bis an den *Ural* und von der *ungarischen Ebene* im ganzen *karpathischen* Gebirge zwischen *Tokay* und *Krakau* und von da noch 10 Meilen weiter gegen Norden, also in einer Breite von 4 Graden.

Die Zusammensetzung des Löfs ist:

	I.	II.	III.	IV.	V.
Kieselsäure	58,97	79,53	78,61	62,43	81,04
Thonerde	9,97	13,45	15,26	7,51	9,75
Eisenoxyd	4,25	4,81 [1]		5,14	6,67
Kalkerde	0,02	0,02	—	—	—
Magnesia	0,04	0,06	0,91	0,21	0,27
Kali	1,11	1,50	3,33 [2]	1,75 [2]	2,27 [2]
Natron	0,84	1,14			
Kohlens. Kalk . . .	20,16 [3]	—	—	17,63	—
Kohlens. Magnesia .	4,21	—	—	3,02	—
Glühverlust	1,37	—	1,89	2,31	—
	100,94	100,51	100,00	100,00	100,00

I. Löfs auf dem Wege von *Oberdollendorf* nach *Heisterbach*, nach einer von Kjerulf in meinem Laboratorium angestellten Analyse.

II. Dieser Löfs nach Abzug der Carbonate und des Glühverlustes.

III. Löfs, welcher unter dem vorigen liegt, nach meiner Analyse. Er unterscheidet sich wesentlich von diesem durch den gänzlichen Mangel an Carbonaten. Die Vergleichung von II mit III zeigt aber, dafs jener nichts anderes ist, als dieser plus kohlensauren Kalk und kohlensaure Magnesia. Als der Löfs III geschlämmt wurde, blieb ein Rückstand von 32,6 Proc., welcher aus eisenhaltigen Quarzkörnern bestand. Hierbei wurden sehr kleine silberweifse Glimmerblättchen sichtbar, welche aber in geringerer Menge, als im Absatze des *Rhein* im *Bodensee* vorhanden waren.

IV. Löfs auf der Strafse von *Bonn* nach *Ippendorf*,

---

[1]) Als Oxydul berechnet.

[2]) Aus dem Verlust bestimmt.

[3]) Der Gehalt an Carbonaten variirt sehr bedeutend. Nach Krocker's Analysen von Löfs aus sieben Fundorten auf dem linken Rheinufer zwischen *Mainz* und *Worms* steigt die Menge der kohlensauren Kalkerde von 12,3 bis 36, und die der kohlensauren Magnesia von Spuren bis zu 3,2 Proc. Die in Säuren unlöslichen Bestandtheile wurden nicht bestimmt. Annal. der Chemie und Pharmacie Bd. LVII. S. 373. Löfs von *Pitten* in *Niederösterreich* enthielt 30,68 Proc. kohlensauren Kalk und 12,33 Proc. kohlensaure Magnesia. R. v. Hauer in Jahrbuch der k. k. geolog. Reichsanstalt 1852. S. 118.

nach einer von Albrecht Bischof in meinem Laboratorium angestellten Analyse.

V. Nach Abzug der Carbonate und des Glühverlustes.

II, III und V entsprechen der Zusammensetzung quarzhaltiger Thonschiefer. Diese Absätze sind daher hauptsächlich als Gemenge aus solchen zermalmten Thonschiefern und aus Carbonaten (kohlensaure Kalkerde und kohlensaure Magnesia) zu betrachten.

Die Aehnlichkeit in der chemischen Zusammensetzung des Thonschiefers und des Glimmerschiefers macht es begreiflich, dafs auch dieses Gestein das Material zur Bildung von Löfs liefern kann. In der That kommt auch die chemische Zusammensetzung von II, III und V der des Absatzes des *Rhein* im *Bodensee* (S. 498 IV) so nahe, dafs man, nach Abzug der ungleichen Mengen von Carbonaten, diese vier Absätze für chemisch identisch nehmen kann. Da auch in dem Löfs III kleine Glimmerblättchen vorkommen: so tritt diese Identität noch mehr hervor.

Der *Rhein* durchströmt von *Basel* bis *Bonn* kein Kalkgebirge. Die ihm durch mehrere seiner aus solchem Gebirge kommenden Nebenflüsse, so wie aus den tertiären Kalkschichten im Becken von *Mainz*, welche er bei dieser Stadt durchschneidet, zugeführten schwebenden Kalktheile kommen nicht in Suspension nach *Bonn*. Der Zustand der Dinge mufste daher damals, als der kohlensauren Kalk haltige Löfs sich absetzte, ein ganz anderer gewesen sein, als jetzt. Gewaltsame Ereignisse, wie ein plötzlicher Durchbruch des *Bodensee*, in Folge eines Erdbebens[1]), können den Absatz des im ganzen Rheinthale (so weit nicht der Strom von den Gebirgsabhängen eng eingeschlossen ist) in mächtigen Lagern vorkommenden Löfs nicht erklären. Eine solche zum plötzlichen Durchbruche gekommene Wassermasse würde nur ungefähr 5mal so viel betragen haben, als der *Rhein* in einem Jahre bei *Basel* vorbeiführt (S. 287). Wäre sie auch noch so sehr mit schwebenden Theilen beladen gewesen: so würden ihre Absätze doch kaum in Vergleich mit den mächtigen Löfslagern kommen

---

[1]) Lyell, a. a. O. S. 153.

können. Auch die von Ebel wahrscheinlich gemachte Ansicht, dafs der *Rhein* einst nicht durch den *Bodensee*, sondern durch das *Sarganzer*-Thal und durch den *Wallenstätter*- und *Züricher*-See flofs [1]), reicht nicht hin, dem kohlensauren Kalk im Löfs und im dermaligen Absatze des *Rhein* im *Bodensee* gleichen Ursprung zuzutheilen; denn in diesem Falle würden diese beiden Seen die schwebenden Kalktheile aufgenommen haben. Woher der kohlensaure Kalk im Löfs auch immer rühren mag, er kann sich, wie alle ausgedehnten Absätze der Flüsse, nur während einer sehr langen Periode abgesetzt haben.

Wenn einst der *Bodensee* durch die Rheinabsätze ausgefüllt sein wird: so werden wahrscheinlich auch unterhalb desselben schwebende Kalktheile mit Thonschiefertheilen gemengt, abgesetzt und neue Löfslager gebildet werden.

Die letzten Absätze des *Rhein*, welche das bei *Bonn* sich erweiternde Thal erfüllen, bestehen aus einem braunen Thon, der meist weder in den oberen noch in den unteren auf Sand und Gerölle ruhenden Schichten mit Säuren braust. An einer Stelle (an der Baumschulallee) brauste der 5 Fufs mächtig auf Kies liegende Thon sehr stark, und dieses Brausen zeigte sich in der ganzen Lage bis 1 Fufs unter der Oberfläche, wo es kaum noch merklich war [2]). An einer anderen, einige hundert Fufs davon entfernten Stelle zeigten sich dieselben Verhältnisse, während an anderen dem Thalabhange näheren Stellen auch nicht das mindeste Brausen wahrzunehmen war.

Die Analyse des mit Säuren brausenden Thons lieferte folgende Resultate:

[1]) Anleitung die *Schweiz* zu bereisen, 2. Aufl. Bd. IV. S. 5.

[2]) Wahrscheinlich war der kohlensaure Kalk in der Dammerde theils durch Gewässer nach unten geführt, theils durch die Vegetation verbraucht worden.

	I.	II.
Kieselsäure	62,30	77,34
Thonerde	7,96	9,88
Eisenoxyd	7,89	9,80
Magnesia	0,09	0,11
Alkalien	2,31 [1]	2,87
Kohlens. Kalk	13,81	—
Kohlens. Magnesia	0,53	—
Glühverlust	5,11	—
	100,00	100,00

I. Wurde zur Absonderung des Quarzsandes geschlämmt; dennoch war das Geschlämmte nicht ganz frei von feinen Quarzkörnern.

II. Nach Abzug der Carbonate und des Glühverlustes.

Dieser Thon kommt dem Löfs (S. 504 IV) sehr nahe, und gleichfalls dem Absatze des *Rhein* im *Bodensee* (S. 498 IV). Diese drei Absätze, wovon der Löfs der älteste, der im *Bodensee* der jüngste ist, zeigen, wenn man die Carbonate in Abzug bringt, eine sehr nahe Uebereinstimmung, welche noch gröfser sein würde, wenn man alle Quarzkörnchen absondern könnte. Da sie von sehr weit von einander entlegenen Perioden herrühren: so ergibt sich, dafs die schwebenden Theile des *Rhein*, welche den dem Thonschiefer so ähnlichen Absatz bilden, während dieser langen Periode sehr nahe dieselben geblieben sind. Sie zeigen nur darin einen wesentlichen Unterschied, dafs sie theils ganz frei von Carbonaten sind, theils mehr oder weniger davon enthalten, und dafs letztere nicht blos in den ältesten, sondern auch in den jüngsten Absätzen vorkommen.

Seit dem Erscheinen der ersten Auflage habe ich ein Mittel kennen gelernt, wodurch das inGewässern aufgelöste Kalkbicarbonat als neutrales Carbonat gefällt wird: es ist die Verdrängung der halbgebundenen Kohlensäure durch atmosphärische Luft (Kap. I. No. 60). Selbst in stehenden Gewässern finden auf- und absteigende Strömungen in Folge des beständigen Temperaturwechsels in der Luft statt. Ein in einem Gefäfse ruhig stehendes Brunnenwasser trübt sich und setzt nach längerer Zeit kohlensauren Kalk ab: es ist die Folge dieser Strömungen, wodurch alles

[1]) Aus dem Verluste bestimmt.

Wasser nach und nach mit der Luft in Berührung kommt und die halbgebundene Kohlensäure verdrängt wird. Diese Verdrängung erfolgt in fliefsendem Wasser in höherem Grade, als im stehenden. Sie steigert sich noch mehr durch die Wellenbewegung, namentlich bei heftigem, dem Laufe der Flüsse entgegenwehenden Winde. Es kann daher nicht fehlen, dafs auf diese Weise Kalkcarbonat abgeschieden werden mufs, welches, wenn die Wellenbewegung nachläfst, mit den schwebenden Theilen der Flüsse nach und nach, zum Theile erst im Meere, zum Absatze kommt.

So lange als nicht eine bessere Erklärung für die Entstehung des kohlensauren Kalks im Löfs und im Thon der Flufsthäler gefunden wird, wollen wir bei vorstehender stehen bleiben. Jedenfalls ist die Verdrängung der halbgebundenen Kohlensäure des Kalkbicarbonat eine mitwirkende, wenn nicht die alleinwirkende Ursache dieser Kalkabsätze aus den Flüssen.

In grofsen Seen, durch welche Flüsse fliefsen, ist die Flufsströmung sehr gering und sie wirkt nur bis zu geringen Tiefen, unter denen blos die auf- und absteigenden Strömungen stattfinden. In solchen Seen ist aber bei heftigen Stürmen die Wellenbewegung und die Brandung eine bedeutende Gröfse, welche die atmosphärische Luft in vielfache Berührung mit dem Wasser und den kohlensauren Kalk zum Absatze bringt. Auf einer stürmischen Ueberfahrt auf dem *Bodensee* hatten die Wellen eine solche Höhe, dafs ich sie mit den Meereswellen vergleichen konnte. Nichts steht der Ansicht entgegen, dafs der kohlensaure Kalk in den Absätzen an der Mündung des *Rhein* in diesen See das Ergebnifs einer solchen Wirkung sei.

Durch Bohrversuche unter *Amsterdam*[1]) wurden bis zu einer Tiefe von 232 Fufs 19 verschiedene Schichten durchbohrt. Es wechseln 11 thonige Schichten von 153 Fufs Gesammtmächtigkeit mit 8 Sandschichten von 79 Fufs Gesammtmächtigkeit. In Tiefen von 200 bis zu 900 und 1800 Fufs wurde blos Sand gefunden.

Vier von jenen Thonschichten wurden der chemischen

---

[1]) De Bodem onder Amsterdam onderzocht en beschreven door P. Harting. Amsterdam 1852.

Analyse unterworfen. Nachdem die Proben mit Wasser ausgelaugt worden, wurden sie mit Säuren behandelt und hierauf aufgeschlossen. Die von diesen Auflösungsmitteln extrahirten Salzbasen und Säuren, welche in getrennten Analysen angegeben wurden, haben wir als ein Ganzes zusammengestellt, und die Kohlensäure und Schwefelsäure an die entsprechenden Basen vertheilt.

	I.	I a.	II.	II a.
Kieselsäure	44,35	64,51	76,14	87,41
Thonerde u. Eisenoxyd .	19,78	28,77	6,75	7,75
Eisenoxydul	1,70	2,47	0,93	1,07
Manganoxyd	—	—	0,50	0,57
Kalkerde	Spur	—	0,66	0,76
Magnesia	1,12	1,63	1,81	2,08
Kali	0,62	0,90	0,10	0,11
Natron	1,18	1,72	0,22	0,25
Kohlens. Kalk	12,20	—	3,10	—
Kohlens. Magnesia . .	2,12	—	—	—
Schwefels. Kalk . . .	0,46	—	—	—
Eisenkies	3,33	—	2,50	—
Organ. Substanzen . .	12,84	—	6,43	—
	99,70	100,00	99,14	100,00
Wassergehalt	20,42	Proc.	2,85	Proc.

	III.	III a.	IV.	IV a.
Kieselsäure	48,79	83,17	43,93	56,71
Thonerde u. Eisenoxyd .	6,53	11,13	19,06	24.61
Eisenoxydul	1,13	1,93	6,60	8.52
Manganoxyd	0,90	1,54	0,63	0,81
Kalkerde	0,38	0,65	2,36	3,05
Magnesia	0,77	1,31	4,02	5,19
Kali	0,16	0,27	0,41	0,53
Natron	—	—	0,45	0,58
Kohlens. Kalk	9,22	—	12,55	—
Kohlens. Magnesia . .	1.34	—	—	—
Kohlens. Eisenoxydul .	1,56	—	—	—
Schwefels. Kalk . . .	1,69	—	0,80	—
Eisenkies	4,32	—	—	—
Organ. Substanzen . .	19,95	—	7,55	—
	96,74	100,00	98,36	100,00
Wassergehalt	8,09	Proc.	4,62	Proc.

I. Torfähnlicher Thon aus 31 Fufs Tiefe; 13⅓ Fufs mächtig mit Ueberresten von Landpflanzen. Er enthält we-

nige Quarzkörner, viele scharfkantige durchscheinende Körnchen und feine Glimmerblättchen, so wie Eisenkieskryställchen.

II. Gelblichgrauer Thonmergel aus 53 Fuſs Tiefe, 11 Fuſs mächtig.

III. Diatomeen-Thon aus 138 Fuſs Tiefe, bildet ein 8 Fuſs mächtiges Lager. Er unterscheidet sich von den vorhergehenden durch seine zahllosen kleinen organischen Wesen, deren Kieselschalen darin begraben liegen. Dieselben machen $1/3$ bis $1/2$ der ganzen Masse aus. Auſser diesen Diatomeen-Panzern kommen in diesem Thon auch vegetabilische Ueberreste vor. In keinem anderen Lager findet sich eine so bedeutende Menge von organischen Ueberresten, als in diesem. Viele von den Diatomeenschalen sind mit Eisenkieskrystallen erfüllt.

Harting führt Eisenoxydhydrat und basisch schwefelsaure Thonerde unter den Bestandtheilen an. Da wir die Schwefelsäure der Kalkerde zugetheilt haben: so würde nach seiner Annahme die Menge der kohlensauren Kalkerde etwas zunehmen, die des kohlensauren Eisenoxydul und der Thonerde etwas abnehmen.

IV. Dichter Thonmergel aus 166 Fuſs Tiefe, bildet eine 11 Fuſs mächtige Schicht. Erkennbare organische Ueberreste kommen darin nicht vor.

I a, II a, III a, IV a nach Abzug der Carbonate, Sulphate, des Eisenkies und der organischen Substanzen. Die durch Wasser extrahirten Chlorüre, Sulphate u. s. w. so wie geringe bis auf 0,12 Proc. steigende Mengen Phosphorsäure, wovon zum Theil die Verluste herrühren, blieben unberücksichtigt.

Die Zusammensetzung vorstehender Schichten hat einige Aehnlichkeit mit der des Carbonate enthaltenden Löſs (S. 504). Die mit a bezeichneten Zusammensetzungen haben eine noch gröſsere Aehnlichkeit mit denen des Thonschiefers und der Grauwacke. I a stimmt fast ganz mit den schwebenden Theilen des *Rhein* (S. 498 II) überein, und II a und III a nähern sich sehr dem Absatze dieses Stroms im *Bodensee* (S. 498 IV nach Abzug der Carbonate).

Der Diatomeen-Thon III kann nur zum Theil ein Absatz aus Flüssen sein; denn die ursprüngliche Kieselsäure

wurde durch die Diatomeen-Panzer erhöht. Bringt man $^1/_3$ der ganzen Masse als Kieselsäure in Abzug: so erhält man eine Zusammensetzung, welche zwischen I a und IV a fällt, also die des quarzarmen Thonschiefers hat, und mithin aus schwebenden Theilen entstanden sein kann, wie sie der *Rhein* noch gegenwärtig mit sich führt. Ein solcher Absatz aus den Flüssen würde demnach durch Aufnahme von Kieselpanzern und nach seiner Erhärtung durch ein Bindemittel einen quarzreichen Thonschiefer oder vielmehr eine Grauwacke geben.

Da die Magnesiasilicate in den analysirten thonigen Schichten stets viel mehr betragen als die Kalksilicate, und ein solches Verhältnifs die schwebenden Theile des *Rhein* nicht zeigen: so läfst dies auf eine theilweise Zersetzung der Kalksilicate schliefsen. Diese Zersetzung in einem Sedimente, welches wie diese Thonschichten, so viele organische Ueberreste enthält, konnte von der durch deren Fäulnifs entwickelten Kohlensäure oder von Chlormagnesium im Meerwasser herrühren, wodurch das Kalksilicat in Magnesiasilicat und in Chlorcalcium zerlegt wurde. Da in I, II und IV das Natron mehr beträgt, als das Kali, in den schwebenden Theilen aus den Flüssen aber das umgekehrte Verhältnifs statt findet: so konnte in jenen Thonschichten ein Theil des kieselsauren Kali durch das Chlornatrium im Meerwasser in kieselsaures Natron und Chlorkalium zersetzt worden sein (S. 49).

Die Gegenwart des Eisenoxydul und des Eisenkies in den Thonschichten rührt von der bedeutenden Menge der reducirend wirkenden organischen Ueberreste her. Sollten diese Schichten einstens zu einem Schiefergesteine erhärten: so würden sie ein sehr bituminöses geben.

Das Wasser der *Elbe* bei *Hamburg* (S. 271) enthielt in 100000 Gewichttheilen

	Schwebende Theile	Aufgelöste Theile	Summa
geschöpft am 1. Juni 1852 . . .	0,891	12,69	13,581

Diese geringe Menge schwebender Theile ist um so auffallender, da der Strom trübe war. Zur Analyse waren sie nicht hinreichend. Sie waren hellbraun und brausten mit Säuren nicht im mindesten.

Das Wasser der *Donau* bei *Wien* (S. 271) enthielt in 100000 Th.

	Schwebende Theile	Aufgelöste Theile	Summa
geschöpft am 5. Aug. 1852 . . .	9,237	14,14	23,377

Es war so klar, als es im Sommer sein kann; ganz klar wird es erst im October und November. Auffallend ist diese bedeutende Menge schwebender Theile zu einer Zeit, wo der Strom nur 2 Fufs über dem Nullpunkte des Pegels stand. Da ich 43 Pfund von diesem Wasser erhalten hatte: so konnte ich eine zur Analyse hinreichende Menge schwebender Bestandtheile sammeln. Es filtrirte ganz klar; um diese grofse Menge Wassers durch ein kleines Filter zu filtriren, waren aber vier Wochen Zeit erforderlich. I ist die Zusammensetzung des in Salzsäure löslichen Antheils der schwebenden Bestandtheile, II die des durch kohlensaures Kali aufgeschlossenen Antheils, III die Zusammensetzung des Ganzen, IV die des unlöslichen Antheils nach Abzug des Glühverlustes.

	I.	II.	III.	IV.
Kieselsäure	5,04	39,98	45.02	80,28
Thonerde	2,42	5,41	7,83	10,87
Eisenoxyd	7,76	1,40	9,16	2,81
Kalk	—	0,34	0,34	0,68
Magnesia	—	0,42	0,42	0,84
Kohlens. Kalk	24,08	—	24,08	—
„ Magnesia	6,32	—	6,32	—
Organ. Substanzen und wahrscheinlich Alkalien [1])	—	2,25	2,25	4,52
Glühverlust	0.57	4,01	4,58	—
	46.19	53,81	100,00	100,00

Von den schwebenden Bestandtheilen des Rheinwassers (S. 498 I u. II) unterscheiden sich die der *Donau* darin, dafs letztere eine bedeutende Menge von Carbonaten enthielten, und dafs Salzsäure, aufser diesen Carbonaten, nur 21,87 Proc. Kieselsäure, Thonerde und Eisenoxyd, dagegen von ersteren 93,17 Proc. auflöste. Diese Verschieden-

[1]) Die Quantität war zu gering zur directen Bestimmung der Alkalien. Die Gegenwart der organischen Substanzen zeigte auch die Schwärzung der bei der Analyse ausgeschiedenen Bestandtheile.

heit rührt wahrscheinlich davon her, dafs die schwebenden Bestandtheile des Rheinwassers gesammelt wurden, als es sehr angeschwollen und sehr trübe war, während die des Donauwassers zur Zeit seines normalen Zustandes erhalten wurden. Zur Regenzeit werden die Bäche und Flüsse durch die aufserordentlichen Zuflüsse, welche von der Erdoberfläche fortgeführt werden, getrübt. Es sind diejenigen feinen erdigen Theile, welche schon seit längerer Zeit der Wirkung der Atmosphäre ausgesetzt, in ihrer Zersetzung mehr fortgeschritten sind, als diejenigen, welche die Bäche und Flüsse bei ihrem normalen Stande von den Gesteinen und Geschieben in ihrem Bette mechanisch losreifsen, und welche daher bei weitem weniger chemisch zersetzt sind, als jene. Es ist aber bekannt, dafs die abgeriebenen Theile der Gesteine von den Säuren um so leichter aufgelöst werden, je mehr sie zersetzt sind. Ist mithin beim Regenwetter ein Flufs sehr trübe: so enthält er bei weitem mehr von den chemisch zersetzten, als von den nicht zersetzten schwebenden Theilen.

Die Vergleichung der Zusammensetzung von IV mit dem des Absatzes des *Rhein* im *Bodensee* (V) zeigt eine sehr nahe Uebereinstimmung, welche wahrscheinlich noch gröfser sein würde, wenn in den schwebenden Theilen des Donauwassers die Alkalien hätten direct bestimmt werden können. Da der *Rhein* alle schwebenden Theile, welche er aus den Alpen mit sich führt, in jenem See absetzt: dagegen nur sehr wenige von den Alpenflüssen, welche sich in die *Donau* ergiefsen, durch Seen fliefsen: so gelangen die schwebenden Theile, welche jene Flüsse den Alpen entziehen, in diesen Strom. Die Alpenflüsse sind es aber, welche der *Donau* bei weitem das meiste Wasser und mithin auch den gröfsten Theil der schwebenden Substanzen zuführen. Das was sich von denselben in der *Donau* bei *Wien* findet, stammt gröfstentheils aus den Alpen, und das was der *Rhein* im *Bodensee* absetzt, ausschliefslich von denselben ab. Was der *Rhein* im *Bodensee* absetzt, und was die *Donau* bei *Wien* vorbeiführt, ist also fast für identisch zu nehmen.

Die Frage ist aber noch aufzuwerfen, ob die kohlensaure Kalkerde und die kohlensaure Magnesia der *Donau*

bis in das *Schwarze* Meer kommen, oder ob diese auf dem langen Wege von *Wien* bis in dieses Meer vom Wasser noch aufgelöst werden. Das Wasser der *Donau* bei *Wien* enthält noch lange nicht so viel kohlensauren Kalk und kohlensaure Magnesia aufgelöst, als es davon aufzulösen vermag. Es ist daher sehr wahrscheinlich, dafs während der langen Zeit, welche das Wasser braucht, um in das *Schwarze* Meer zu kommen, die schwebenden Theilchen beider Carbonate vollständig aufgelöst werden. Da aber die vielen Flüsse, welche die *Donau* in ihrem Laufe von *Wien* bis in das *Schwarze* Meer aufnimmt, gleichfalls diese Carbonate im schwebenden Zustande zuführen mögen: so ist es sehr wünschenswerth, dafs die schwebenden Bestandtheile dieses Stroms kurz vor seiner Mündung gesammelt und analysirt werden möchten, damit die in geologischer Hinsicht so wichtige Frage, ob auch dieser Strom, wie der *Rhein*, die *Elbe* und die *Weichsel*, die kohlensaure Kalkerde blos in Auflösung dem Meere zuführt, beantwortet werden kann.

Apotheker Ammon in *Culm*, der mit zuvorkommender Güte Weichselwasser für die chemische Analyse abgedampft hatte (S. 275), war auch so gefällig, im März 1853 bei einer Wasserhöhe von 15 Fufs und während des Eisganges 200 Quart Wasser aus der *Weichsel* zu schöpfen, um die schwebenden Theile zu sammeln. Nach einigen Wochen hatte sich das Wasser ziemlich geklärt; es filtrirte aber äufserst langsam. Die mir übersandten schwebenden Theile waren bräunlich-grau. Das von meinem Schwager Joseph Ziegler am 1. April geschöpfte Wasser, aus dem sich schon auf dem Transport die schwebenden Theile in braunen Flocken ausgeschieden hatten, filtrirte ziemlich schnell und klar. Es enthielten 100000 Th. Weichselwasser

	Schwebende Theile	Aufgelöste Theile	Summa
geschöpft im März	5,82	20,05	25,87
„ „ April	2,53	13,52	16,05

Die Menge der letzteren schwebenden Theile betrug für die chemische Analyse zu wenig; es wurden daher blos die ersteren analysirt.

Sie brausten mit Säuren nicht im mindesten. Für die

Bestimmung der beigemengten organischen Substanzen wurden sie in der Siedhitze des Wassers ausgetrocknet, und ein Theil davon mit kohlensaurem Kali aufgeschlossen, der andere erst mit Salzsäure digerirt, und dann mit Flufssäure zur Bestimmung der Alkalien behandelt. I ist die Zusammensetzung des in Salzsäure löslichen Antheils, II ist der durch Aufschliefsen erhaltene Antheil, III die Zusammensetzung des Ganzen, IV die Zusammensetzung nach Abzug der organischen Substanzen und des chemisch gebundenen Wassers.

	I.	II.	III.	IV.
Kieselsäure	0,12	49,55	49,67	64,92
Thonerde	1,72	10,26	11,98	15,66
Eisenoxyd	3,24	8,49	11,73	15,33
Kalk	0,47	0,41	0,88	1,15
Magnesia	0,25	0,02	0,27	0,35
Kali	—	1,29	1,29	1,69
Natron	—	0,69	0,69	0,90
Organ. Substanzen und Wasser	—	23,21	23,21	—
	5,80	93,92	99,72	100,00

Das durch Salzsäure extrahirte Eisen war gröfstentheils Eisenoxydul, ohne Zweifel auch das, was durch Aufschliefsen mit kohlensaurem Kali und Flufssäure erhalten wurde. Gleichwohl ergibt sich in II ein Verlust, der aber davon herrührt, dafs beim Glühen der schwebenden Theile die organischen Substanzen nicht gänzlich zerstört wurden; denn die Niederschläge waren geschwärzt und erst beim Glühen dieser wurden sie ganz zerstört. Wie im Wasser aufgelöst, so finden wir auch in den schwebenden Theilen der *Weichsel* eine ungewöhnliche Menge organischer Ueberreste, deren Ursprung nur dem oben (S. 276) angeführten Umstande zuzuschreiben ist. Diesen ist auch die Gegenwart der bedeutenden Quantität von Eisenoxydul, dessen höhere Oxydation sie verhindert haben, zuzuschreiben.

In IV zeigt sich wiederum die Zusammensetzung der eisenreicher Thonschiefer (S. 498 V). Die schwebenden Theile der *Weichsel* (IV) kommen in ihrer Zusammensetzung denen des *Rhein* (S. 498 II) sehr nahe; beide unterscheiden sich aber darin, dafs in ersteren das Verhältnifs des

in Salzsäure löslichen und unlöslichen Antheils gerade das umgekehrte von dem in den letzteren ist. Dies hindert aber nicht, dafs die schwebenden Theile beider Ströme Sedimente im Meere geben, aus denen sich nach ihrer Erhärtung Thonschiefer bilden kann. Es ist indefs nicht unwahrscheinlich, dafs in dem aus den Sedimenten des *Rhein* entstehenden Thonschiefer eine gröfsere Menge der durch Salzsäure zersetzbaren Silicate zurückbleiben wird, als in dem aus den Sedimenten der *Weichsel* entstehenden Thonschiefer, wenn auch während der Umwandlung in festes Gestein die zersetzbaren Silicate gewifs gröfstentheils in die unlösliche Modification übergehen.

Die General-Commission für die geologische Kenntnifs von *Holland* erwirkte auf meine Bitte, durch Vermittelung des holländischen Ministeriums des Innern, die von Seiten der Ministerien der Marine und der Colonien an die Marine Officiere und die Autoritäten der holländischen Colonien ergangene Aufforderung, Wasser aus den dortigen grofsen Flüssen zu schöpfen und mir zuzusenden.

Schwebende Theile aus dem *Bovenrivier* in *Surinam*. Sie wurden durch mehrere Wochen lang fortgesetztes Filtriren grofser Quantitäten Wassers erhalten. Die Zusammensetzung des dunkelgrauen Rückstandes war:

	I.	II.	III.	IV.
Kieselsäure	0,20	37,95	60,48	61,74
Thonerde	7,85	21,23	22,00	19,81
Eisenoxyd			11,28	10,08
Manganoxyd	—	—	0,09	—
Kalkerde	0,60	1,10	1,75	0,83
Magnesia	0,17	0,17	0,27	3,03
			95,87	
Wasser und organische Substanzen	—	36,95	—	1,00
Alkalien	—	2,60	4,13	3,26
	8,82	100,00	100,00	99,75

I. Durch 24stündige Digestion mit Salzsäure erhalten. Der Rückstand brauste damit nicht im mindesten; er war daher ganz frei von kohlensaurem Kalk.

II. Analyse des ganzen Rückstandes durch Aufschliefsen mit kohlensaurem Kali. Das Wasser und die organischen Substanzen wurden durch anhaltendes Glühen unter

Luftzutritt bestimmt. In einem andern Versuche betrug der Glühverlust 36,5%. Vergebens bemühte ich mich, die Menge des Wassers zu bestimmen; denn als bei gelinder Hitze das Wasser in die Chlorcalcium-Röhre überging, destillirte fast gleichzeitig eine dunkelbraune, theerartige Flüssigkeit, welche nach Tabaksaft roch, über. Das Wasser betrug aber jedenfalls weniger als 8,7%; die Menge der organischen Substanzen betrug daher mindestens 27,8%.

Die Menge der Alkalien wurde durch Subtraction bestimmt. Da aber alle Niederschläge in der Analyse mehr oder weniger geschwärzt waren: so enthielt der geglühte Rückstand doch noch kohlige Theile. Die Alkalien sind daher zu hoch angegeben.

III. Zusammensetzung der schwebenden Theile nach Abzug des Wassers und der organischen Substanzen.

IV. Normaler Thonschiefer aus dem *Selkethal* zwischen *Alexisbad* und *Mägdesprung* am *Harz* nach Pierce[1]). Die Vergleichung mit III. zeigt eine grofse Aehnlichkeit.

Aus diesen Untersuchungen ergibt sich folgendes:

1) Die schwebenden Theile der *Bovenrivier* gehören in die Kategorie der schwebenden Theile des *Rhein* bei *Bonn*, der *Elbe* und der *Weichsel*, welche gleichfalls keinen kohlensauren Kalk enthielten.

2) Die bedeutende Menge des Wassers und der organischen Substanzen beträgt noch mehr als im Wasser der *Weichsel*. Ich beziehe mich defshalb auf die Bemerkung S. 276. In Beziehung auf die so sehr geringe Menge der von Salzsäure extrahirten Theile, in welcher Hinsicht die schwebenden Theile des *Bovenrivier* mit denen der *Donau* und noch mehr mit denen der *Weichsel* übereinstimmen, verweise ich auf S. 512 u. 513.

3) Die Zusammensetzung der schwebenden Theile des *Bovenrivier* nähert sich ziemlich der der schwebenden Theile des *Rhein* bei *Bonn* und noch mehr der der schwebenden Theile der *Weichsel*, und kommt daher gleichfalls der Zusammensetzung der eisenreichen Thonschiefer sehr nahe. Wegen des bedeutenden Gehaltes an organischen Substanzen werden aber die ersteren und die letzteren, nach ihrem

---

[1]) Rammelsberg's Handwörterbuch Suppl. IV. S. 234.

Absatze auf dem Meeresgrunde und nach ihrer Cementation sehr bituminöse Schiefer geben.

Nach Poggiale [1]), der das Wasser der *Seine* zu verschiedenen Zeiten (vom December 1852 bis December 1853) untersuchte, enthält 1 Liter Wasser, am *Pont d'Ivry* mitten im Strom geschöpft, 0,007 bis 0,118 Grm. suspendirte Substanzen, die gröſseren Mengen im Allgemeinen bei höherm Wasserstand; das Suspendirte enthält nach ihm durchschnittlich 3,39% organische Substanz, 60,31 kohlensauren Kalk und kohlensaure Magnesia, und 35,60 Kieselsäure.

Wir finden also in den schwebenden Theilen der *Seine* wie in denen der *Donau* Kalk- und Magnesiacarbonat, in jener aber zweimal so viel als in dieser.

Girard [2]) hat eine Analyse des Nilschlamms bekannt gemacht; sie ist aber gewiſs unrichtig. Eine neuere Analyse desselben aus der Gegend von *Cairo* von Matthew W. Johnson [3]) verdient aber Vertrauen. Nach Abzug der Kalksalze, des Chlornatrium und der organischen Substanzen in Nr. I, erhält man die Zusammensetzung Nr. II.

	I.	II.
Kieselsäure	56,86	63,17
Thonerde	12,12	13,47
Eisenoxyd	13.19	14,65
Kalkerde	3,15	3,50
Magnesia	2,73	3.03
Kali	1,26	1,40
Natron	0,70	0.78
Kohlensaurer Kalk . . .	3,12	—
Schwefelsaurer Kalk . . .	1.29	—
Chlornatrium	0,36	—
Organische Substanzen . .	5,53	—
	100,31 [4])	100,00

[1]) Jahresbericht 1855. S. 832.

[2]) Observations sur la Vallée d'Egypte. p. 64.

[3]) Quarterly Journ. of the chem. Soc. V. IV. p. 143.

[4]) Vom Nilschlamm wurden durch Salzsäure nur 32,6 Proc. aufgelöst, und damit nur 0,76 Proc. Kieselsäure. Sollte dieses vom Rheinschlamm verschiedene Verhalten (S. 498 Anm.) davon herrühren, daſs dieser vor seinem Absatze aus dem Wasser analysirt wurde, während der Nilschlamm vielleicht seit vielen Jahren gelegen hatte, und da-

Die Zusammensetzung II hat in der That eine sehr grofse Aehnlichkeit mit der der schwebenden Theile des Rheinwassers (S. 498 II). Auch im Nilschlamm überwiegt die Menge des Eisenoxyd die der Thonerde. Häuft er sich nach und nach in mächtigen Lagern an: so wird das Eisenoxyd in den dem Einflusse der atmosphärischen Luft nicht ausgesetzten unteren Schichten durch die beträchtliche Menge der beigemengten organischen Substanzen zu Oxydul reducirt. Erheben sich diese nach und nach erhärtenden Lager über das Meer, dringen Meteorwasser mit ihrem Gehalte an atmosphärischer Kohlensäure durch das Gestein: so lösen sie das Eisenoxydul auf und setzen es theils als Carbonat, theils als Eisenoxydhydrat in entstandenen Spalten oder auch in Lagern ab. So begreift man, wie ein aus solchen Absätzen entstandener Thonschiefer nach und nach einen grofsen Theil seines Eisengehaltes verlieren, und sich der normalen Zusammensetzung dieses Gesteins nähern kann.

Seit dem Erscheinen der ersten Auflage sind noch folgende Proben von Nilschlamm analysirt worden.

	I.	II.	III.	IV.
Kieselsäure	46,60	54,27	54,585	48,019
Eisenoxyd	11,90	13,18	20,215	7,228
Thonerde	25,35	10,77	11,655	11,277
Kohlens. Kalk	3,85	6,33	3,717	—
Kohlens. Magnesia	2,05	4,09	—	—
Schwefels. Kalk	—	0,37	0,245	—
Schwefelsäure	—	—	—	1,082
Kalk	—	2,86	1,912	6,802
Magnesia	—	—	0,762	0,982
Alkalische Chlorüre	0,65	0,07	—	4,506
Kali	—	—	0,473	—
Natron	—	—	0,553	—
Organische Substanzen	4,85	4,81	5,701	5,071
Wasser	4,75	3,25	—	5,917
Thon, Spuren von Phosphorsäure, Mangan, Kohlensäure und Verlust	—	—	—	9,116
	100,00	100,00	99,818	100,000

durch die Silicate in die unlösliche Modification gröfstentheils übergegangen waren?

I. Nilschlamm nach Lajonchère[1]). Die Probe bestand aus unregelmäfsigen Klumpen, die sich leicht zu einem feinzertheilten, mit glänzenden Körnern untermischten, fett anzufühlenden Pulver, von deutlich salzigem Geschmack zerdrücken liefsen.

II. Eine zweite Probe von Nilschlamm, nach Payen und Poinsot[2]), enthielt Glimmertheile und gab mit Wasser eine etwas plastische Masse.

III. Im Durchschnitt von acht verschiedenen Proben von Nilschlamm, welche unter A. W. Hoffmanns Leitung analysirt wurden, mitgetheilt von L. Horner[3]).

IV. Nach Moser[4]).

Leonhard Horner[5]) theilt Durchschnitte durch die Ablagerungen des *Nil* bei *Cairo* mit, welche durch Schächte und Bohrlöcher durchsunken wurden. Als den interessantesten bezeichnet er folgenden:

Lager.	Dicke desselben.	Beschaffenheit.
I.	77,34 Zoll	Hellbrauner sandiger Thon mit einer Beimengung von durchsichtigem Quarzsand.
II.	30,34 „	Aehnlich wie I, mit rothen Ziegelbruchstücken.
III.	185,54 „	Aehnlich wie I, mit Bruchstücken von Kalkstein, Ziegeln und Topfscherben.
IV.	36,11 „	Hellbraune, thonige Erde mit Topfscherben.
V.	84,11 „	Dasselbe wie II, aber ohne Ziegelbruchstücke.
VI.	36,12 „	Dunkelbrauner Thon mit Fragmenten von Töpferei.
VII.	24,12 „	Schwärzlicher, fester, feinkörniger Thon mit einigen Fragmenten von Töpferei.
VIII.	24,12 „	Feiner, grünlich grauer Sand mit Beimischung von Thon.
	41′ 4½″	

Brazier führte Analysen von der obersten Schicht (I) und von der untersten Schicht (VIII) aus:

---

[1]) Jahresbericht 1850 S. 646.

[2]) Ebend.

[3]) Ueber den Alluvialboden *Aegyptens*. Phil. Mag. (4) IX, 465.

[4]) Chemisches Centralblatt 1856 No. 49.

[5]) Researches near *Cairo* on the alluvial land of *Egypt*. In Philosophical Transactions für 1858.

	I.	VIII.
Kieselsäure	64,55	74,96
Eisenoxyd	11,65	13,51
Thonerde	6,66	4,99
Kolens. Kalk	10,40	1,92
Magnesia	0,08	Spur
Kali	0,57	—
Natron	0,85	—
Schwefelsäure	0,16	0,02
Phosphorsäure	Spur	—
Chlor	Spur	—
Organische Substanz . .	1,72	1,60
Wasser	3,24	3,36
	99,88	100,36

Nach den Untersuchungen von Ehrenberg[1]) enthält der Schlamm nachstehender Flüsse Infusorien.

	In einer Secunde führen mit sich an festen Theilen			Darin sind enthalten an Infusorien	
der *Mississippi* bei *Memphis*	147 Cub. F.	2 bis	3 C. F.	1,4 bis	2 Proc.
der *Nil* . .	130,9 „ „	6 „	13 „ „	4,6 „	10 „
der *Ganges* .	557 „ „	69 „	139 „ „	12,4 „	25 „

Im Schlamm des *Mississippi* fand er 44 Polygastrica, 37 Phytholitharia und 2 Süfswasser-Polythalamien, in dem des *Nil* 160 Phytholitharien neben Glimmerblättchen.

Analysen von Absätzen aus Flüssen in Thälern, in denen die Cultur noch keine Veränderungen bewirkt hat, lassen sich den vorstehenden anreihen. J. C. Frémont[2]) theilte solche aus Thälern in den *Rocky Mountains* mit.

	I.	II.	III.
Kieselsäure	68,55	72,30	70,81
Thonerde	7,45	6,25	10,97
Eisenoxyd	1,40	1,20	2,21
Kalk und Magnesia . .	—	—	1,38
Kohlens. Kalk	8,51	6,86	—
„ Magnesia . . .	5,09	4,62	—
Phosphors. Kalk	—	—	1,01
Organ. Substanzen . . .	4,74	4,50	8,16
Wasser und Verlust . .	4,26	4,27	5,46
	100,00	100,00	100,00

[1]) Berichte der Berliner Akad. 1851. S. 324. Seine Untersuchungen der schwebenden Theile des *Rhein* theilte er in der Gesammtsitzung der Akad. am 18. Aug. 1851 mit.

[2]) Report of the exploring Expedition to the rocky mountains in the year 1842 etc. *Washington* 1845. p. 163, 178 and 179.

I. Absatz im Bette des Flusses nahe bei *Fort Hall* in der Nachbarschaft der Vereinigung des *Portneuf*-Flusses mit *Lewis's Fork* des *Columbia*-Flusses.

II. Absatz im *Powder*-Flufs.

III. Boden des *Grand Rond*.

Nach Abzug der Carbonate, Phosphate, der organischen Materie und des Wassers bleiben:

	I.	II.	III.
Kieselsäure	88,56	90,66	82,94
Thonerde	9,63	7,84	12,85
Eisenoxyd	1,81	1,50	2,59
Kalk und Magnesia . .	—	—	1,62
	100,00	100,00	100,00

Diese Zusammensetzungen nähern sich der des Rheinabsatzes oberhalb des *Bodensee* (S. 498 IV), und da in den Absätzen I und II Carbonate vorkommen, so kann gedacht werden, dafs dieselben oder ähnliche Gebirgsarten, von welchen jener Rheinabsatz herrührte (S. 502), auch den Absätzen der Flüsse in den *Rocky Mountains* Ursprung gaben. Auf Alkalien scheint in den letzteren nicht geprüft worden zu sein; der Verlust bei den Analysen zeigt aber, dafs sie gewifs vorhanden waren. So wie der *Rhein* oberhalb des *Bodensee*, so mögen auch der *Nil* und die Flüsse in den *Rocky Mountains* Carbonate im schwebenden Zustande mit sich führen. Aufser Acht darf man indefs nicht lassen, dafs der kohlensaure Kalk in Absätzen der Flüsse, möglicher Weise auch von Schalen von Infusorien herrühren könne, in welchem Falle der im Wasser gelöste kohlensaure Kalk das Material geliefert haben würde. Mikroscopische Untersuchungen solcher Absätze müssen hierüber entscheiden.

Die schwarze Erde oder das Tschornasems in *Central*- und *Süd-Rufsland* scheint, nach Murchison u. s. w. [1]) ein Absatz aus Gewässern zu sein. Wegen ihrer Ausdehnung und Gleichförmigkeit in Farbe und Zusammensetzung ist sie ohne ihres Gleichen in *Europa*. Sie findet sich in allen Höhen im *Europäischen Rufsland*, bisweilen auf dem Hochlande, wie am rechten Ufer der *Wolga*, hoch über den

[1]) The Geology of Russia. 1845. V. I. p. 557.

anstofsenden Ebenen, in verschiedenen Meridianen von $56\frac{1}{2}$° N. B. bis zu dem Hochlande, welches sich bis nach *Sartof* fortzieht, und in Höhen nicht weniger als 400 Fufs über den Thälern. Die Zusammensetzung dieser Erde ist nach

	R. Phillips [1]	Payen [2]	Hermann [3]
Kieselsäure	74,57	77,93	82,05
Thonerde	14,42	12,41	10,49
Eisenoxyd	7,48	6,12	6,44
Kalk	1,71	0,89	1,02
Magnesia	—	1,33	—
Spuren von Huminsäure, Schwefelsäure, Chlor u. s. w.	1,82	—	—
Alkalische Chlorüre	—	1,32	—
	100,00	100,00	100,00

Diese Erde unterscheidet sich vom Löfs, dafs sie keine Carbonate und keine Flufs-Ueberreste enthält, während letzterer mit vollkommen erhaltenen Land- und Süfswasser-Muscheln erfüllt ist. Zieht man vom Löfs (S. 504 II) die Carbonate ab, so erhält man eine Zusammensetzung, welche sehr nahe der des Tschornasems nach den beiden ersten Analysen kommt [4]). Murchison hält es für höchst wahrscheinlich, dafs diese Erde bis zu einer gewissen Verbreitung von der Zersetzung des schwarzen Jura-Schiefers, der sich in seiner Farbe so gleichförmig über *Nord-* und *Central-Rufsland* ausdehnt, herrühre, und dafs sie nicht in der dermaligen geologischen Periode gebildet worden sei.

Sir G. Wilkinson [5]) untersuchte die Veränderungen,

[1]) Nach Abzug von 6,4 Proc. organischer Substanzen.

[2]) Nach Abzug von 6,95 Proc. organischer Substanzen.

[3]) Nach Abzug von 10,42 Proc. organischer Substanzen und 4,08 Proc. Wasser. Zwei andere von Hermann analysirte Proben hatten nahe dieselbe Zusammensetzung. Journ. für pract. Chemie Bd. XII. S. 290.

[4]) Nach den Analysen der schwarzen Erde aus *Süd-Rufsland* von E. Schmidt (Journ. für pract. Chemie Bd. XLI. S. 129) kommt ihre Zusammensetzung am meisten mit der des Thonschiefers überein.

[5]) Edinb. n. philos. Journ. V. XXVIII. p. 212. Das Bett dieses Stroms und das Land von *Aegypten* erheben sich allmälig, aber ungleich, je nach verschiedenen Umständen, und stets weniger, je mehr sich der Strom dem Meere nähert. Die Zunahme dieser perpendicu-

welche das Alluvium des *Nil* auf dem Lande und in seinem Bette hervorbringt.

K. G. Zimmermann machte interessante Beobachtungen über die Absätze der *Elbe* in der Insel *Grasbrook* bei *Hamburg* in historischen Zeiten [1]).

---

lären Erhebung ist viel geringer in *Unter-* als in *Ober-Aegypten* und im Delta ist sie noch geringer, so dafs, nach einer approximativen Schätzung, das Land bei *Elephantine,* oder beim ersten *Nil-Cataract* (24° 5′ Breite) in 1700 Jahren um 9 Fufs gestiegen ist, zu *Theben* (25° 43′ Br.) ungefähr 7 F., und zu *Heliopolis* und *Cairo* (30° Br.) ungefähr 5 F. 10 Z. Zu *Rosette* und an der Mündung des *Nil* (31° 30′ Br.) beträgt die Abnahme der Dicke des Absatzes viel weniger als in dem verengten Thale von *Central-* und *Ober-Aegypten,* welches von der gröfseren Ausbreitung der Ueberschwemmungen herrührt. Dort ist die Erhebung des Landes seit 1700 Jahren unmerklich.

[1]) Neues Jahrbuch für Mineralogie u. s. w. 1852 S. 193. In dieser Insel fand er drei Muschellager von ½ bis 1½ F. Mächtigkeit, die durch 8 Z. dicke Zwischenlager von Marsch-Kley getrennt sind. Die oberste Schicht enthält nur Flufsmuscheln gemengt mit Trümmern von Mauersteinen und Töpfergeschirr. Die zweite Schicht enthält nur wenige Bruchstücke von Backsteinen; aber unter den dicht auf einander liegenden Flufsmuscheln schon viele Brackmuscheln. Unter dieser Muschelbank liegt eine Schicht Marsch-Kley und darunter eine 1 F. dicke Schicht von zertrümmertem Eichen- und Fichtenholz, welche das unterste bis jetzt aufgeschlossene Muschellager bedeckt. Dieses besteht zwar gröfstentheils wieder aus Flufsmuscheln; jedoch sind darin häufig Seemuscheln, aber doch nur so, wie sie zufällig durch Fluthen auf die Bank der Flufsmuscheln gespült sein können. Hieraus schliefst er, dafs vor dem Absatze der obern Bänke das Meer der Insel noch so nahe war, dafs Seemuscheln hinaufgespült werden konnten, während jetzt die höchsten Sturmfluthen keine Seemuscheln mehr heraufführen, dafs sich die *Elbe* einst zwischen *Hamburg* und *Harburg* in einen Busen der *Nordsee* mündete (vergl. dagegen S. 413), und dafs die vielen *Elbe*-Inseln einst Sandbänke von einer Delta-Bildung herrührend waren. Damals mufsten aber schon menschliche Wohnungen in der Nähe des Ufers vorhanden gewesen sein, wie die Trümmer von Mauersteinen darthun. Da die oberste Muschelschicht fast 12 F. über dem jetzigen Niveau der *Elbe* liegt: so ist Zimmermann der Meinung, dafs dasselbe während der historischen Zeit um mehr als 12 F. gefallen sei.

Gegen diese Folgerung ist zu erinnern, dafs die Flüsse in den oberen Theilen ihres Laufes ihr Bett austiefen, und um so mehr, je gröfser ihr Gefälle ist, dafs aber in der Nähe ihrer Mündung in das Meer und so weit herauf, als sie durch flaches Land fliefsen, das Um-

Ueber die Gruppirung der Schichten in Deltas bemerkt Lyell [1]), dafs, wenn ein See an zwei Seiten von hohen Gebirgen umgeben ist, wovon er viele Zuflüsse von verschiedener Gröfse erhält, und seine Abflüsse ihren Weg durch verhältnifsmäfsig niederes Land nehmen, die gebildeten Schichten in zwei Hauptgruppen zu sondern sind. Die älteren bilden diejenigen Absätze, welche von den angrenzenden Gebirgen herrühren, und sie bestehen meist aus gröberen Geschieben und Sand, deren Schichten stark geneigt sind. Sie wechseln mit Schichten von feineren Massen. Die neueren Gruppen, mehr in der Mitte des Bassins und am weitesten von den Gebirgen entfernt, bestehen aus den durch die schwebenden Theile gebildeten horizontalen oder nur sehr wenig geneigten Schichten [2]). Die Absätze in den Seen erleiden übrigens durch periodische Regen, durch das Schmelzen des Schnee's und durch heftige Stürme Veränderungen in ihrer Lagerung [3]). Noch mehr ist dies der Fall bei den Deltas im Meer.

---

gekehrte erfolgt, dafs sie das was sie dort fortgenommen haben, hier zum Theil wieder absetzen. Wenn sich in früheren Zeiten die *Elbe* zwischen *Hamburg* und *Harburg* in einen Meerbusen gemündet hatte: so war damals an dieser Stelle ihr Niveau um so viel niedriger, als ihr dermaliges Gefälle bis zur *Nordsee* beträgt. Lassen wir dieses jedenfalls nur geringe Gefälle unbeachtet: so wird zur Zeit der gewöhnlichen Fluth das Wasser des damaligen Meerbusens 12 Fufs gestiegen sein; denn so viel steigt die Fluth der *Nordsee* noch jetzt vor dem Ausflusse der *Elbe*. Zur Zeit der Sturmfluthen steigt es aber noch viel höher. Hieraus erklärt sich einfach der Absatz jener Sandbänke, welche dermalen fast 12 Fufs über dem jetzigen Niveau der *Elbe* liegen.

[1]) A. a. O. S. 270.

[2]) Ebenso fand Simony (a. a. O. S. 14) die gröberen Gerölle in den Seen des *Salzkammergutes* in stark geneigten Schichten, während der feinere Sand am Fufse des sich immer mehr verflächenden Schuttkegels minder geneigte Schichten bildet.

[3]) Ueber sedimentäre Bildungen in *Alpen*-Seen sind in neuerer Zeit interessante Untersuchungen angestellt worden. Terrain erratique alluvien du Bassin du Léman, et de la vallé du *Rhone* de *Lyon* à la Mer par R. Blanchet. Lausanne 1844. Notice sur la Carte du fond des Lacs de *Neufchatel* et *Morat* par A. Guyot. Neufchatel 1846. On the accession of new land at the mouth of the *Rhone* at the upper end of the Lake of Geneva, since the historical era (Lyell a. a. O.

Die Bedingungen, unter denen Absätze im Meere überhaupt erfolgen, haben wir in dem vorhergehenden Kap. (VII) kennen gelernt.

S. 253). Am Einflusse des *Rhein* in den *Bodensee* sieht man deutlich, wie dieser Strom innerhalb des von ihm gebildeten Delta's seinen Lauf verändert hat. Dieser See zog sich ehemals in das Rheinthal bis über *Altstetten* hin (Walchner's Geognosie, 2. Aufl. S. 776). Das ganze Land an diesem See ist bis auf eine Entfernung von mehreren Stunden vom See-Ufer mit grofsen Massen von Alpen-Geröllen bedeckt. Dieselben finden sich noch in Höhen von 1465 F. über dem See, und zwar auf der *Deutschen* Seite, woraus sich ergiebt, dafs sie zu einer Zeit hingeführt worden sein müssen, wo der *Bodensee* noch nicht existirt hatte. Frommherz im Neuen Jahrbuche für Mineralogie u. s. w. 1850 S. 641.

Im *Hallstätter*-See, im *Salzkammergut,* hat sich das Delta der *Traun* seit 70 Jahren um 240 Fufs verlängert, obgleich er 1200 Fufs von der Mündung dieses Flusses eine Tiefe von 282 F. hat. Der vom *Hallstätter*-Salzberg steil in den See stürzende *Mühlbach* hat nach einem Wolkenbruch im J. 1846 sein Schuttdelta um 3 F. vorgeschoben, obgleich der See 600 F. von der Mündung 234 F. tief ist. Auch im *Gmundner*-See rückt das *Traun*-Delta merklich vor.

Vorspringende Landzungen, unter dem Wasser fortlaufende Rücken und Schuttdeltas theilen die Seen in gröfserer oder geringerer Tiefe in zwei oder mehrere Becken. So wird der durchschnittlich 7200 F. breite *Atter*-See am *Kienbach* bis auf 3930 F. verengt; seine gröfste Tiefe beträgt hier blos 396 F., während sie oberhalb dieser Verengung 540 F., unterhalb derselben 522 F. erreicht. Zwischen den beiden Becken liegt also ein Querrücken. Den *Wolfgang*-See hat das grofse Schuttdelta des *Zinkenbaches* von 6000 F. bis auf 960 F. verengt und hätte man diesen Bach nicht nach dem breiteren und tieferen Theil des See's hingeleitet: so möchte seine vollständige Trennung in zwei Seen in nicht sehr langer Zeit erfolgen. In der Verengung ist der See nur 66 F., dagegen aufserhalb derselben 222 und 360 F. tief. Simony a. a. O.

Kapitel IX.

Absätze der aufgelösten Theile der Gewässer.

A. Absätze durch chemische Processe.

Absätze in Spalten, Schichtungsklüften und in Drusenräumen können nicht von aufsteigenden Quellen herrühren; denn diese sind nur möglich, wenn sie ihre Kanäle ganz erfüllen. Nur wenn die Gewässer von oben herab an den Wänden ihrer Kanäle fliefsen, sind die Bedingungen zu Absätzen und zur Bildung von Gängen gegeben.

Seit undenklichen Zeiten sehen wir an denselben Stellen Mineralquellen aufsteigen, welche, wie z. B. die in den Umgebungen des *Laacher-See's* ungeheure Quantitäten von Eisenocher absetzen. Da ihre Kanäle sehr eng sind, so hätten sie sich schon längst verstopfen müssen, wenn auch nur der millionste Theil des Eisenoxydhydrat, welches sich auf der Oberfläche ausscheidet, in den Kanälen zum Absatze gekommen wäre. Aus dem Bohrloche zu *Neusalzwerk* bei *Preussisch-Minden* wird so viel kohlensaurer Kalk und kohlensaures Eisenoxydul zu Tage gefördert, dafs damit das Bohrloch schon in 6 Tagen ausgefüllt werden könnte. Setzte sich auch nur ein geringer Theil davon in ihm ab: so würde es sich schon längst verstopft haben [1]).

Die Unmöglichkeit des Absatzes der Bestandtheile der aufsteigenden Quellen in ihren Kanälen ist auch leicht zu begreifen. Die Bedingungen, wodurch Absätze erfolgen, Verflüchtigung des Wassers und der Kohlensäure, Abkühlung heifsen Wassers, und höhere Oxydation des Eisens und Mangans, können in den Kanälen aufsteigender Quellen gar nicht gedacht werden. Die Absätze dieser Quellen erfolgen erst nach ihrem Ausflusse auf der Oberfläche, wo sie mehr oder weniger bedeutende Lager bilden. Aus sol-

[1]) I. Aufl. Bd. II. S. 814 ff.

chen Lagern ist, wenn Quellen nicht mehr vorhanden sind, auf ihre ehemalige Existenz zu schliefsen.

Unsere jetzigen aufsteigenden Quellen kommen entweder in Thälern oder an Bergabhängen zu Tage, weil nur hier die Bedingungen des Aufsteigens aus der Tiefe, in Folge der drückenden Wassersäulen in den umgebenden Höhen, stattfinden. So war es auch bei den in früheren Zeiten ausgeflossenen und jetzt versiegten aufsteigenden Quellen. Wir können daher keine Absätze aus Quellen auf den höchsten Punkten einer Gegend antreffen. Sollten sie sich gleichwohl finden, so würde dies auf eine bedeutende Veränderung in der Configuration der Erdoberfläche an diesen Stellen schliefsen lassen.

Einige Geologen, welche die Ausfüllungen von Gängen und Klüften aufsteigenden Quellen zuschrieben, gingen sogar so weit, aus aufsteigenden heifsen Gewässern, welche ganze Gebirge durchdrungen haben sollen, die Ausfüllungen in Drusenräumen erklären zu wollen. Ein solcher supponirter Vorgang ist mit hydrostatischen Gesetzen durchaus nicht zu vereinigen. Woher sollten auch solche ungeheure Wassermassen, wie sie von aufsteigenden Quellen gefordert werden und die während langer Zeiträume hätten fliefsen müssen, gekommen sein!

Absätze aus Quellen sind, so unbedeutend sie auch an sich sein mögen, von grofser Bedeutung für die Geologie; denn sie zeigen, was das Wasser aufzulösen und unter veränderten Umständen wieder abzusetzen vermag. Sie zeigen mehr als die Analysen der Quellen; denn Bestandtheile, welche in so geringen Mengen vorhanden sind, dafs sie durch die Analyse nicht mehr nachgewiesen werden können, kommen in den Absätzen zum Vorschein. In einer Quelle z. B., welche kohlensaures Eisenoxydul in so geringen Quantitäten enthält, dafs es die empfindlichsten Reagentien nicht mehr wahrnehmen lassen, erkennt man es noch, wenn man nur mit einiger Aufmerksamkeit ihre Abflufs-Kanäle betrachtet. In diesen, worin ununterbrochen fort das Wasser abfliefst, mufs sich das Eisen zeigen; denn hier, wo das Oxydul der oxydirenden Wirkung der Luft ausgesetzt ist, mufs seine Gegenwart durch Absatz von Eisenoxydhydrat sichtbar werden.

Hätte Berzelius nicht die Sprudelsteine aus *Carlsbad's* Quellen untersucht, so würden wir vielleicht heute noch nicht Fluor, Phosphorsäure und Strontian als Bestandtheile der Mineralquellen kennen. Ebenso verdanken wir Walchner's Untersuchung vieler Eisenocher-Absätze die Entdeckung von Kupfer, Arsenik und Antimon in Quellen. Es ist nicht zu bezweifeln, dafs man noch manche Metalle darin finden wird, wenn immer mehr die Aufmerksamkeit auf diesen Gegenstand gerichtet wird.

Welchen Erfolg solche Untersuchungen haben, und wie sorgfältige Analysen der Mineralwasser auch nach dieser Seite Ausbeute hin versprechen, zeigt das Wasser von *Saidschütz*. In demselben fand Berzelius [1]) eine Spur von Zinn- und Kupferoxyd, welches von ganz besonderer Bedeutung ist, da diese Quelle aus einem verwitterten krystallinischen Gesteine entspringt, in dessen Olivinen, welche dem Wasser die Magnesia zu liefern scheinen, ebenfalls eine Spur jener beiden Metalloxyde enthalten ist.

Die Absätze lassen ferner auf die Umstände schliefsen, unter welchen sie erfolgt sind, und die sich auf Verdunstung oder Abkühlung des Wassers, auf Verflüchtigung von gasförmigen Bestandtheilen, meist Kohlensäure, oder auf höhere Oxydation fixer Bestandtheile zurückführen lassen. Absätze durch Verdunstung können nur erfolgen, wenn die ablaufenden Gewässer irgendwo zur Stagnation kommen, oder wenn sie an Spaltenwänden heruntersickern, und während ihres Laufes verdunsten. Die Fläche, auf welcher sich die Gewässer in diesen Fällen ausbreiten, mufs aber so grofs sein, dafs die Verdunstung mehr Wasser fortführt, als der Zuflufs zuführt. Aus Quellen, deren Temperatur die der Luft bedeutend übersteigt, werden, wenn Verdunstung und Abkühlung Ausscheidung bewirken kann, Absätze leicht und schnell erfolgen. Aus Quellen, deren Temperatur, wenigstens zur Sommerzeit, niedriger, als die der Luft ist, kann Verdunstung nur nach langer Zeit Absätze bewirken.

---

[1]) Poggendorff's Ann. Bd. XLVIII. S. 150.

Kieselsäure-Absätze aus heifsen Quellen.

Analysen solcher Absätze:

	I.	II.	III.	IV.
Kieselsäure	98,00	94,01	84,43	94,20
Thonerde	1,50	1,70	3,07	1,58
Eisenoxyd	0,50	Spur	1,91	0,17
Magnesia	—	—	1,06	—
Kalkerde	—	—	0,70	Spur
Kali und Natron	—	—	0,92	—
Chlornatrium	—	—	—	0,85
Wasser	—	4,10	7,88	3,06
	100,00	99,81	99,97	99,86

I, II, III. Kieseltuff vom *Geysir* in *Island*, I nach Klaproth[1]), II nach Kersten[2]), III nach Forchhammer[3]). Letzterer schreibt die bedeutende Abweichung seiner Analyse von der Kersten's einer Veränderlichkeit der zu verschiedenen Zeiten abgesetzten Sinterarten zu.

Der Absatz des Kieselsinters erfolgt durch Erkalten und durch Verdampfen zugleich. Aber auch blos durch Erkalten scheidet sich ungefähr $^1/_{10}$ der Kieselsäure aus: denn das *Geysirwasser*, welches Forchhammer in einer versiegelten Flasche zugesandt erhalten hatte, war schwach unklar, und liefs jene Menge Kieselsäure auf dem Filter zurück.

IV. Kieseltuff aus einer heifsen vulkanischen Quelle von *Taupo* auf *Neu-Seeland*, nach J. W. Mallet[4]).

Geysirwasser	in 10000 Th. Forchhammer[5])	Pfaff[6])
Kieselsäure	4,09	8,00
Natron	1,32	—
Kochsalz	1,68	1,68
Schwefelsaures Natron (Magnesia)	0,62	1,32
Gyps	0,34	—
	7,95	11,00

[1]) Beitr. Bd. II. S. 109.

[2]) Schweigger's Journ. Bd. LXVI. S. 27.

[3]) Poggendorff's Ann. Bd. XXXV. S. 350.

[4]) Philos. Mag. Ser. 4. Vol. 5. p. 285.

[5]) A. a. O. S. 347.

[6]) Amtlicher Bericht über die 24. Versammlung deutscher Naturforscher in Kiel 1846. S. 183.

	I.	II.	III. in 10000 Thl.	IV. in 10000 Thl.	V.
Schwefel . . .	—	—	0,0036	—	—
Chlor	—	—	0,1426	0,0814	—
Kohlensäure .	—	—	0,1019	0,0780	—
Schwefelsäure .	0,31	2,49	0,0464	0,0549	—
Kieselsäure . .	91,56	88,26	0,2373	0,1663	86,48
Natron	0,19	0,11	0,0881	0,0956	} 2,00
Kali	0,16	0,11	0,0385	0,0318	
Kalk	0,33	0,29	0,0124	0,0042	0,56
Magnesia . . .	0,47	Spur	0,0211	0,0107	—
Eisenoxyd . . .	0,18	3,26	—	—	0,55
Thonerde . . .	1,04	0,69	—	—	1,41
Wasser	5,76	4,79	—	—	9,00
	100,00	100,00			100

I. Kieseltuffabsatz der *Badhstofaquelle* zu *Reykir*,
II. der *Scriblaquelle* bei *Reykholt* auf *Island*.
III. Wasser der *Badhstofaquelle* und
IV. der *Scriblaquelle;* nach Bickell[1]).
V. Kieselguhr aus der Umgegend von *Algier;* nach Salvétet[2]). In der Kieselsäure waren 80 % der löslichen Modification.

Da im Kieselsinter des *Geysir* die Kieselsäure im Verhältnisse zu den Basen in bei weitem gröfserer Menge als im Wasser vorhanden ist: so bleibt in diesem der gröfsere Theil der letzteren aufgelöst zurück. Es ist wohl die wahrscheinlichste Ansicht, dafs die Basen als Silicate in Wasser aufgelöst sind, dafs aber das leichtlösliche Natronsilicat nur in sehr geringer Menge mit den anderen schwerlöslichen Silicaten niederfällt, indem sich Doppelsilicate bilden. Dafür spricht, dafs die Thonerde und das Eisenoxyd[3]), welche im Absatze in gröfster Menge vorkommen, im Wasser gar nicht gefunden wurden. In Beziehung auf die in so vielen Fällen unbestreitbaren Absätze von Thonerde und Eisenoxydulsilicat aus Gewässern ist die Gegenwart dieser Basen im Kieselsinter des *Geysir* von Interesse. Die Thonerde ist übrigens kein seltener Bestandtheil in den Quellwassern.

[1]) Jahresber. 1849 S. 621.
[2]) Rammelsberg's Suppl. IV. 113.
[3]) Nach der Analyse III.

Vernachlässigt man nicht, bei der Analyse derselben das ausgeschiedene Eisenoxyd auf Thonerde zu prüfen: so wird man diese in vielen, wenn nicht in allen Quellwassern finden. Bei einer kürzlich unternommenen Analyse mehrerer Mineralwasser habe ich wenigstens stets Thonerde gefunden.

Diesen Bemerkungen entsprechend sind die angeführten Kieselsinter als Silicate mit grofsem Ueberschusse an Kieselsäure zu betrachten.

Reich an Kieselsäure-Absätzen aus heifsen Quellen ist die azorische Insel *St. Miguel.* Hochstetter[1]) untersuchte ein Mineral von der Insel *Terceira,* welches ohne Zweifel ein Absatz aus heifsen Quellen ist, und aus 77,05 Kieselsäure und 1,07 Eisenoxyd, mit 22,2 eingesprengtem Schwefel besteht. Da am Fundorte dieses Minerals schwefelwasserstoffhaltige Wasserdämpfe ausströmen, so ist nicht zu bezweifeln, dafs der darin eingesprengte Schwefel von diesen Dämpfen herrührt.

Im Innern von *Neu-Seeland* fanden Dieffenbach und Hooker viele heifse Quellen, welche Chalcedon-ähnliche Absätze bilden[2]). Auch längs des *Delta* von *Waikato* setzen, nach dem Ersteren[3]), heifse Quellen, welche an den Gebirgsabhängen entspringen, einen Kieselsinter ab, der 75 Proc. Kieselsäure enthält. In der Nähe von *Cape-Maria* befindet sich auch eine kalte silicificirende Quelle.

Es ist sehr wahrscheinlich, dafs alle diese Kieselsäure-Absätze bei genauer Untersuchung die Gegenwart von geringen Quantitäten Basen zeigen werden.

Kieselsäure-Absätze aus kalten Quellen.

Absätze von Kieselsäure, mit nur geringen Mengen Basen, wie wir sie, nach den eben angeführten Beispielen, am Abflusse mancher heifsen Quellen finden, scheinen kalte Quellen nicht zu liefern. Die Ursache liegt wohl in den geringen Quantitäten Kieselsäure in kalten Quellen, wefshalb erst, nach gänzlicher Verdunstung des Wassers, ihre

---

[1]) Journ. für prakt. Chemie Bd. XXV. S. 376.

[2]) L'Institut 1845. No. 593.

[3]) Ebend. 1845. No. 617.

Abscheidung erfolgen kann. Verdunstung und Abkühlung, welche die in heifsen Quellen ohnehin häufig in gröfserer Menge vorkommende Kieselsäure abscheidet, kann bei den kalten ebenso wenig, als Verflüchtigung der Kohlensäure wirken, da diese auf jene nicht auflösend wirkt.

Absätze mit ziemlich reichem Gehalte an Kieselsäure, aber in Verbindung mit gröfseren Mengen von Basen, als die Absätze aus heifsen Quellen zeigen, bilden indefs manche kalte Quellen. Ein Absatz aus einer Mineralquelle auf der Insel *Flores*, der westlichsten der *Azoren*, fand sich in gröfserer Menge und in dickern Schichten erst in einiger Entfernung von dem Orte ihres Hervorkommens. In verdünnter Salzsäure lösten sich von diesem Absatze nur 13 Proc. Eisenoxyd mit wenig Kalk und Thonerde auf; der unlösliche Antheil bestand aus:

		Sauerstoff-Antheile.	
Kieselsäure	67,6	35	
Eisenoxyd	21,0	6,4	11,4
Thonerde	10,2	4,7	
Kalkerde	1,0	0,3	
	99,8		

Der Sauerstoff der Kieselsäure ist sehr nahe das Dreifache von dem der Basen, so dafs man geneigt sein möchte, den unlöslichen Antheil des Quellen-Absatzes für ein wirkliches Silicat (ein neutrales) zu halten.

Dieser Absatz ist, wegen der bedeutenden Menge von Kieselsäure, und auch defshalb, weil er die Löslichkeit eines Doppelsilicats aus Thonerde und Eisenoxyd (oder vielleicht ursprünglich Eisenoxydul) im Wasser zeigt, merkwürdig.

Absatz aus Grubenwassern in der Grube *Himmelfahrt* bei *Freiberg*, welcher durch das Tropfen der Kunstsätze auf den benachbarten Gneifs entsteht, und daselbst 2—4 Linien dicke und kaum durch den Hammer trennbare Krusten bildet. Nach Kersten[1]) besteht er aus:

Kieselsäure	18,98
Eisenoxyd	22,90
Manganoxyd	25,01
Wasser	33
	99,89

[1]) Journ. für prakt. Chemie. Bd. XXII. S. 1.

Hier haben wir ein Beispiel, wie durch völlige Verdunstung eines gewöhnlichen, gewifs nur sehr wenig Kieselsäure in Auflösung haltenden Wassers kieselige Bildungen entstehen. Es gibt einen Wink, dafs dasselbe entstehen müsse, wenn ein solches Wasser an den Wänden einer Spalte im Gebirge so langsam herabfliefst, dafs während dieses Herabfliefsens alles Wasser verdunstet.

Diesem Vorgang verdanken wir ohne Zweifel die so überaus häufigen Quarzgänge und Quarzadern im Gebirgsgesteine, wie ich schon früher gezeigt habe [1]). Von der Natur solcher Gewässer hängt es ab, ob sich reine, oder eisen- und manganhaltige Quarzgänge bilden. Da in der Regel die süfsen Tagewasser, wenn sie den gröfsten Theil ihrer Kohlensäure durch Zersetzung von Silicaten während ihres Filtrirens durch die Gebirgsgesteine verlieren, nur wenig Eisen- und Manganoxydul aufnehmen: so ist klar, wie gerade solche Gewässer die reinsten Quarzgänge und die wasserklarsten Bergkrystalle bilden. Die mannichfaltigen kieseligen Bildungen (Chalcedon, Hornstein, Amethyst, Bergkrystall u. s. w.) in den Drusenräumen der Mandelsteine, zeigen ganz dieselben Verhältnisse. Auch sie sind aus den durch das Gebirgsgestein filtrirenden Tagewassern entstanden.

Absätze aus heifsen Quellen, die gröfstentheils aus kohlensaurem Kalk, oder auch aus diesem, aus Eisenoxydulcarbonat und aus Eisenoxydhydrat bestehen.

Absätze aus der 26,°2 R. warmen Soole, welche aus einem 2160 Fufs tiefen Bohrloch bei *Neusalzwerk* aufsteigt.

Diese Soole, von der in der Secunde ein Cubikfufs ausfliefst, bildet in ihrem 2940 Fufs langen offenen Abflufskanale, welcher sie in die *Werra* führt, einen bedeutenden Absatz aus kohlensaurem Kalk und Eisenoxydhydrat. An Stellen, wo die Soole kleine Cascaden bildet, und der Luft vielfache Berührungsflächen darbietet, welche die Verflüchtigung der Kohlensäure und die Oxydation des Eisenoxyduls begünstigen, hatte der Absatz eine Höhe von fast 3 Fufs, und doch war, als ich dort anwesend war, erst ein Zeitraum von fünf Jahren verflossen, seitdem der Abflufs statt

---

[1]) Neues Jahrb. für Mineral. u. s. w. Jahrg. 1844. S. 257.

hatte. Der Absatz bildet mehr oder weniger ocherbraune, kugelige und nierenförmige Massen, welche die gröfste Aehnlichkeit mit braunem Glaskopf haben, und entschieden zeigen, dafs dieser auf dieselbe Weise, wie jener entstanden ist.

Die wesentlichen Bestandtheile dieses Absatzes sind Eisenoxydhydrat und kohlensaurer Kalk, jedoch in sehr ungleichen Verhältnissen. Die Absätze im Abflufskanale, nächst dem Bohrloche, enthalten die gröfste Menge Eisenoxydhydrat und die Absätze nächst der *Werra* die geringste. Daher haben jene eine dunklere, diese eine hellere ocherbraune Farbe. Wäre dieser Kanal noch länger, so würde zuletzt fast reiner kohlensaurer Kalk abgesetzt werden. Es kann sich daher aus Gewässern, welche Carbonate von Kalk und Eisenoxydul in gemeinschaftlicher Auflösung enthalten, wenn sie einen langen Lauf in Berührung mit der Luft haben, zuletzt ein sehr reiner kohlensaurer Kalk absetzen. Diese Verhältnisse sind klar; denn der Absatz des Eisens erfolgt durch eine doppelte Wirkung: durch Verflüchtigung der Kohlensäure und durch gleichzeitige höhere Oxydation des Eisenoxydul. Der Absatz des kohlensauren Kalkes hingegen erfolgt blos durch Verflüchtigung der halbgebundenen Kohlensäure.

Hätte jene Soole einen etwa doppelt so langen Lauf, als dermalen, und dränge sie hierauf in Spalten eines Gebirgsgesteins: so würde sich in denselben ein kohlensaurer Kalk absetzen, der nur noch Spuren von Eisen enthielte. Ein solcher Ursprung der Kalkspath-Gänge ist um so leichter zu begreifen, als selbst der reinste und weifseste Kalkspath immer noch Spuren von Eisen enthält.

Wir begreifen endlich, wie durch Zersetzung Kalk- und Eisenoxydul-haltiger Silicate (Augit, Hornblende, Labrador u. s. w.) mittelst Kohlensäure reiner Kalkspath entstehen kann, wenn Gewässer die entstandenen Carbonate auflösen, und einen langen Lauf in Berührung mit der Luft nehmen.

Von der Temperatur solcher Gewässer hängt es ab, ob sich gleichzeitig mit dem Eisenoxydhydrat mehr oder weniger kohlensaurer Kalk absetzt; denn je höher sie ist, desto mehr verflüchtigt sich, bei Berührung der Gewässer

mit der Luft und bei mehr oder weniger schneller Abkühlung, die halbgebundene Kohlensäure des Kalkbicarbonat. Ist ihre Temperatur gleich der der Luft, oder noch niedriger, als dieselbe, so setzt sich auf den ersten Strecken des Wasserlaufes fast gar kein kohlensaurer Kalk, sondern blos Eisenoxydhydrat ab, wie dies die unten erwähnten Ocher-Absätze aus kalten Quellen zeigen. Unter diesen Umständen können sich daher aus denselben Gewässern Lager oder Gänge von Brauneisenstein und später von reinem kohlensauren Kalke bilden. Höhere oder niedrigere Temperatur der Gewässer, schnellere oder langsamere Abkühlung, gröfsere oder geringere Wasser-Ergiebigkeit, gröfserer oder geringerer Gehalt derselben an Kalk- und Eisenoxydulbicarbonat können daher die mannichfaltigsten, mehr oder weniger reinen, oder gemengten Absätze dieser beiden Substanzen bewirken.

Die Soole von *Neusalzwerk* bringt jährlich 1807883 Pfund oder 10145 Cubikfufs kohlensauren Kalk und 139036 Pfund oder 462 Cubikfufs Eisenoxydhydrat auf die Oberfläche. Wo solche Quantitäten mineralischer Substanzen zu Tage gefördert werden, da ist Material genug zur Bildung der mächtigsten Kalkspath- und Brauneisensteingänge und Lager vorhanden, wenn hunderttausende von Jahren solche Gewässer fliefsen und Absätze bilden. Der Ausflufs dieser Soole liegt 88 Fufs über der *Werra*. Zögen sich dort offene Spalten in das Gebirgsgestein, und sickerte an den Wänden derselben die Soole hinab: so würden sich noch jetzt solche Gänge bilden.

Bedeutende Absätze aus Salzsoolen, welche seit undenklichen Zeiten im Gebrauche stehen, sind nicht selten. So ist, um nur ein Beispiel anzuführen, der 15° warme Salzbrunnen von *Salzkotten* ringsumher von einem Hügel aus eisenhaltigem Kalksinter umgeben, den die Soole ohne Zweifel in früheren Zeiten, ehe sie noch benutzt wurde, abgesetzt hat. Denselben Sinter setzt sie noch jetzt auf den Gradirwerken ab. Aus der Mächtigkeit dieses Hügels kann man schliefsen auf das hohe Alter dieses Soolenlaufes, und dafs die Soole nicht erst durch Bohren erschürft worden ist.

So wie bei *Neusalzwerk* die Kunst eine Communication zwischen grofser Tiefe und der Erdoberfläche hervorge-

rufen: so hat es zu *Carlsbad* und an anderen Orten die Natur gethan. Ohne Zweifel sind in früheren Zeiten solche Quellen an vielen Stellen aufgestiegen, wo wir sie jetzt nicht mehr, dagegen ihre hinterlassenen Spuren in bedeutenden Lagern von kohlensaurer Kalkerde und von Brauneisenstein finden.

Der Absatz aus dem grofsen Soolsprudel zu *Nauheim*, einer 25°,6 R. warmen aufsteigenden Quelle, besteht nach Bromeis und Ewald[1]) aus:

Eisenoxyd	49,86
Manganoxyd	0,40
Kohlensaurem Kalk	20,81
Kieselsäure	2,81
Wasser	23,53
Kochsalz und anderen im Wasser löslichen Salzen	2,59
	100,00

Die sogenannten Sprudelsteine aus *Carlsbad's* heifsen Quellen verbreiten über die in Rede stehenden Absätze vieles Licht, theils weil diese Sedimente eine grofsartige Erscheinung sind, theils weil Berzelius'[2]) Analysen zeigen, wie ihre Zusammensetzung unter verschiedenen Umständen sehr verschieden ausfällt.

Die dortigen heifsen Quellen kommen bekanntlich aus Oeffnungen eines Kalksteins, der vom Wasser selbst gebildet ist; denn überall, wohin es fliefst, setzt es, im Verhältnifs als das Kohlensäuregas daraus entweicht, Sinter von fester und krystallinischer Textur ab[3]).

Berzelius fand, dafs die im Kohlensäuregas aufgelösten Stoffe der *Carlsbader* Thermen (kohlensaurer Kalk,

---

[1]) Jahresber. der Wetterauischen Gesellsch. f. d. ges. Naturk. 1848. S. 77.

[2]) Gilbert's Ann. Bd. LXXIV. S. 123.

[3]) Ueber das Grofsartige dieser Absätze siehe 1. Aufl. Bd. I. 887. Nach den Versuchen des Hrn. Apotheker Göttl in *Carlsbad* hat das Licht merkwürdigen Einflufs auf die Färbung des sich niederschlagenden Sinters, die wesentlich von der Fällung der Metalloxyde abhängt. Am Rande eines über Glas mit eingeschliffenen Facetten niedergeschlagenen Tellers zeigen sich entsprechend der Richtung der von den Facetten zurückgeworfenen Lichtstrahlen sehr deutlich in der dunkleren braunrothen Farbe des Tellers lichtere Streifen. (Jahrb. d. k. k. geol. Reichsanstalt. Jahrg. VI (1855) No. 1. S. 195.)

kohlensaurer Strontian, kohlensaures Eisenoxydul, phosphorsaurer Kalk, phosphorsaure Thonerde, Fluorcalcium) herauskrystallisiren, wenn die Kohlensäure entweicht, abgesehen von der Verminderung der Flüssigkeit, dafs aber die Magnesia und die Kieselsäure nicht früher, als bei der Abdunstung des Wassers sich absetzen. Dies zeigt schon, welche Bestandtheile die Absätze enthalten müssen.

Die Sprudelsteine sind theils weifs, theils braun, theils abwechselnd mit weifsen und braunen Lagen. Der braune enthält eine bedeutend gröfsere Menge Eisenoxyd, als der weifse, welcher zuweilen ganz frei davon ist. Diese Ungleichheit setzt voraus, dafs entweder eine Verschiedenheit im Eisengehalte des Wassers stattfindet, oder dafs zuweilen die atmosphärische Luft einen gröfseren und freieren Zutritt als zu anderen Zeiten hat, und dann eine gröfsere Menge Eisenoxydul sich mit Sauerstoff sättigt.

Analysen verschiedener Sprudelsteine von Berzelius:

	I.	II.	III.
Kohlensaurer Kalk	97,00	96,47	43,20
Kohlensaurer Strontian	0,32	0,30	—
Phosphorsaurer Kalk	} 0,59	0,06	—
Phosphorsaure Thonerde		0,10	0,60
Phosphorsaures Eisenoxyd		0,43	19,35
Basisch phosphorsaures Eisenoxyd	—	—	1,77
Kohlensaures Eisenoxydul	—	—	12,13
Fluorcalcium	0,69	0,99	—
Kieselsäure	—	—	3,95
Wasser	1,40	1,59	9,00
	100,00	99,94	100,00 [1])

I. Brauner faseriger, sehr fester Sprudelstein, wie er zu Zierrathen geschliffen wird.

II. Sprudelstein, der sich an die Zinnkessel der Siede-Anstalt absetzt.

III. Eine eigene Art Sprudelstein bildet sich um eine Oeffnung in der Sprudelschale, wo das hervorsprudelnde Wasser beständig niederfällt und der Oxydation und Verdunstung gleichzeitig ausgesetzt ist. Ungeachtet dieser Spru-

[1]) Hier ist ein Druckfehler, der die Summe um 10 Proc. vermindert. Einer der Bestandtheile, vielleicht der kohlensaure Kalk, ist um 10 Proc. zu niedrig angesetzt.

delstein auf dem Bruche rothbraun war, enthielt er doch eine bedeutende Menge Eisenoxydul.

Ein vierter Sprudelstein, weifs, im Bruche theils körnig, theils zart faserig, enthielt eine geringe Menge von Fluorkieselkalium.

Der Absatz aus dem 36° R. warmen Cäsars-Bade zu *Montd'or* in der *Auvergne* besteht nach Berzelius [1]) aus einem Gemenge von Eisenoxydhydrat, wasserhaltigem Eisenoxydsilicat und basisch phosphorsaurem Eisenoxyd. Der Kalktuff aus dem Wasser der warmen Quelle von *St. Allyre* bei *Clermont* in der *Auvergne* besteht nach ihm [2]) aus kohlensaurer Kalkerde, kohlensaurer Magnesia, aus Phosphaten von Kalkerde, Magnesia und Manganoxydul, zusammen 0,52 Proc. und aus 6,8 Proc. gallertartiger Kieselsäure [3]).

Weitere Absätze aus warmen Quellen.

	I.	II.
Kohlensaurer Kalk	92,16	21,36
Kohlensaure Magnesia	6,18	—
Kohlensaurer Strontian	0,08	—
Eisenoxyd	1,80	51,19
Manganoxyd	0,26	0,41
Phosphorsaure Thonerde	0,04	—
Fluorcalcium	Spur Wasser	24,16
Kieselsäure	—	2,88
	100,52	100,00

I. Faseriger Absatz aus einem Kanale, durch welchen eine 39° R. warme Quelle von *Ems* fliefst [4]).

II. Absatz aus der 26° R. warmen aufsteigenden Soolquelle zu *Nauheim* [5]).

[1]) Gilbert's Ann. Bd. LXXIV. S. 298.

[2]) Ueber die merkwürdigen Verhältnisse, womit die Bildung dieses Kalktuffs begleitet war s. 1. Aufl. Bd. I. S. 891.

[3]) Gilbert's Ann. Bd. LXXIV. S. 299.

[4]) L. Gmelin in Poggendorff's Ann. Bd. XXXVII. S. 203. Die bedeutende Menge kohlensaure Magnesia ist bemerkenswerth.

[5]) Bromeis und Ewald im Jahresbericht der Wetterauischen Gesellsch. f. d. ges. Naturkunde 1848. S. 77. Je weniger warm diese Quellen sind, desto weniger beträgt der kohlensaure Kalk und desto mehr das Eisenoxyd in ihren Absätzen; denn die der kalten Quellen bestehen fast ganz aus letzterem mit nur Spuren des ersteren, wäh-

Die folgenden Absätze aus der 37° R. warmen Quelle des Kesselbrunnens in *Ems* sind besonders bemerkenswerth, weil in ihnen die erst in neueren Zeiten in Quellwassern aufgefundenen Metalloxyde vorkommen.

	III.	IV.
Kohlensaurer Kalk	7,9512	92,3250
Kohlensaure Magnesia	1,6341	7,0010
Kohlensaurer Strontian	0,0831	0,0082
Kohlensaurer Baryt	0,0806	0,1481
Schwefelsaurer Baryt	0,3894	—
Phosphorsaure Thonerde	2,5707	0,1959
Phosphorsäure an Eisenoxyd gebunden . . .	2,4332	
Eisenoxyd	39,7260	0,1434
Manganoxyd	0,2849	0,1134
Arseniksäure an Eisenoxyd gebunden	0,1189	Spur
Kupferoxyd	0,0419	—
Bleioxyd	0,0764	—
Kieselsäure in die salzsaure Lösung übergegangen	3,1471	—
In Salzsäure unlöslicher Rückstand (Kieselsäure Thon, Sand)	32,6820	0,1120
Organische Substanzen und Wasser im Thon .	2,2158	—
Wasser mit dem Eisenoxyd verbunden . . .	6,5647	—
Fluorcalcium	—	Spur
	100,0000	100,0470

III. Absatz näher an der Quelle[1]).

IV. Absatz (Kalksinter) entfernter von der Quelle[1]).

In Beziehung auf die Absätze des kohlensauren Kalk und des Eisenoxyd in verschiedenen Entfernungen von der Quelle zeigen sich hier dieselben Verhältnisse wie bei der Soole von *Neusalzwerk* (S. 535). Die Vergleichung von III. mit IV. zeigt, dafs das kohlensaure Eisenoxydul, indem es sich oxydirt, die Phosphorsäure und die aufserordentlich geringen Mengen Arseniksäure mit niederschlägt, dafs der doppelt kohlensaure Baryt neben dem schwefelsauren Natron in dem Quellwasser nicht lange gelöst bleiben kann, dafs sich das doppelt kohlensaure Manganoxydul in seinem Verhalten weniger dem entsprechenden Ei-

---

rend die Absätze der 59,5° R. heifsen *Carlsbader* Sprudel die gröfste Menge kohlensauren Kalk enthalten.

[1]) Fresenius in den Jahrbüchern des Vereins für Naturkunde im Herzogthum Nassau. Heft VII. S. 165.

sensalze, als den entsprechenden Carbonaten der alkalischen Erden nähert, und dafs endlich, wie schon früher bemerkt worden, der doppelt kohlensaure Kalk ungleich geschwinder zersetzt wird, als die doppelt kohlensaure Magnesia[1]).

	I.	II.	III.
Kohlensaurer Kalk	13,663	90,736	94,339
„ Magnesia	Spur	0,497	0,676
Schwefelsaurer Kalk	Spur	0,013	0,186
„ Baryt / „ Strontian	0,164	Spur	0,052
Eisenoxyd	61,103	4,884	2,222
Kohlensaures Manganoxydul	Spur	etwas	0,265
Kupferoxyd	Spur	Spur	Spur
Thonerde	Spur	Spur	Spur
Arseniksäure	1,736	0,121	0,050
Phosphorsäure	0,075	Spur	Spur
Kieselsäure	10,447	1,171	0,453
Kieselsaurer Kalk	3,346	—	—
Organ. Substanz	Spur	Spur	Spur
Lösliche Salze	Spur	Spur	Spur
Wasser und Verlust	9,466	2,578	1,757
	100,000	100,000	100,000

I. Abgeschlämmter Theil des schlammigen Absatzes in einem Abflufscanal.

II. Sinter aus dem Sprudelbecken daselbst.

III. Sinter, welcher im trocknen Zustande aus einem Abflufskanal entnommen war[2]).

Es zeigen sich hier abermals grofse Unterschiede in den relativen Verhältnissen des kohlensauren Kalk und des Eisenoxyd.

Am linken Lahnufer bei *Ems* fand man, als man 1827

---

[1]) Auf ein Theil Arseniksäure kommen 334 Th. Eisenoxyd. Angenommen dafs beide Bestandtheile im Wasser der Quelle in demselben Verhältnisse vorhanden sind, so ergibt sich in 1 Pfund Wasser $\frac{1}{25000}$ Arseniksäure. Was den Gehalt an Kupferoxyd und Bleioxyd betrifft, so ist Fresenius nicht ganz aufser Zweifel, ob derselbe der Quelle zuzuschreiben ist, indem nicht weit von der Stelle, an welcher der Absatz III genommen wurde, ein muthmaafslich mit Blei eingelötheter Messinghahn sich befindet.

[2]) Fresenius Untersuchung der Mineralwasser des Herzogthum Nassau 1850.

die dortigen zahlreichen Thermen im Flusse zu fassen versuchte, ein sehr festes Conglomerat von Schiefertrümmern, welches durch kohlensauren Kalk cementirt war. Ohne Zweifel war dieser ein Absatz aus den Thermen, deren Temperatur 45½—47° R. betrug[1]).

Aus dem heifsen Wasser der Therme zu den „vier Jahreszeiten“ in *Wiesbaden* setzt sich nach C. Hjel und R. Röhr[2]) nach längerem Stehen ein gelber Bodensatz ab, der aus an der Luft gebildetem kieselsaurem Eisenoxyd, Eisenoxydhydrat und ausgeschiedenem kohlensaurem Kalk besteht. Interessant, weil dadurch die Gegenwart eines Eisenoxydulsilicat in einer Therme nachgewiesen ist.

Unter den vielen heifsen Quellen *Italien's*, welche Kalksinter absetzen (inkrustirende Quellen) verdienen besonders hervorgehoben zu werden die von *San Filippo* am *Monte Amiata* in *Toscana*. Dort haben die Quellen einen ganzen Hügel von schneeweifsem reinem Kalksinter gebildet, und man benutzt das in reichem Maafse herabströmende Wasser, um dadurch in wenigen Tagen ganze Basreliefs abzuformen. Berühmt ist in dieser Beziehung auch die so kalkreiche warme Schwefelquelle der Solfatara bei *Tivoli*[3]).

In der *Berberei* bei *Mjer-Ammar*, zwischen *Bona* und *Constantine*, sprudeln sehr viele heifse Wasser, die den Römern schon bekannten verfluchten Quellen, Hamman mescutin[4]), hervor, welche durch allmäligen Absatz von schneeweifsem Kalksinter mehrere kegelförmige Hügel gebildet haben. Die meisten dieser Kegel sind nur 5—6 Fufs, einige aber 15—18 Fufs hoch[5]).

Zwischen *Erzerum* und *Trapezunt*, am Nordfufse des *Taurus*, baute eine seitwärts vom Kalkgebirge herabstürzende warme Quelle mit starker Gasentwicklung über einen

---

[1]) Doring: Ems mit seiner Heilquelle. II. Aufl. S. 30.

[2]) Jahrbücher des Vereins für Naturkunde in Nassau. H. 14. S. 436.

[3]) Hofmann's physikal. Geogr. Bd. I. S. 482.

[4]) Eichwald (Nouv. Mém. des Natural. de Moscou T. IX. p. 460 u. 462) erwähnt eine grausenerregende Sage über den Ursprung dieser heifsen Quellen, welche kein Eingeborner erzählt, ohne einen Talisman (Dschedul) in der Hand zu halten, um sich dadurch vor Allah's Zorn zu schützen.

[5]) Sedillot in Compt. rend. T. V. p. 555.

Flufs eine Tuff- und Stalactiten-Brücke von einem grofsen Bogen, unter welchem der Strom seinen Weg ungehemmt fortsetzt. Diese Naturbrücke ist jetzt mit Erde und Vegetation bedeckt. Weiter abwärts ist eine zweite Brücke dieser Art bis zur Hälfte des Flusses im Werden[1]). Die Natur solcher aufbauenden Quellen erklärt so manche Sage der Alten von Strömen, die sich selber Brücken bauen, ganze Städte versteinert haben sollen mit ihren Bewohnern und dergleichen mehr.

Kleinasien ist reich an heifsen und incrustirenden Quellen. W. S. Hamilton berichtet von einer solchen zwischen *Smyrna* und *Brussa,* welche, unter Verbreitung eines Geruchs nach Schwefelwasserstoff, stalaktitische und stalagmitische Concretionen absetzt. Hitchcock[2]) macht Mittheilungen über Sedimente durch Quellen in *Persien.* Er sagt, dafs vielleicht mit Ausnahme eines Lagers von Travertin in der Gegend von *Rom,* welches mit dem Bildhauermarmor Aehnlichkeit hat, ihm kein anderer Fall bekannt ist, als der in der Gegend des See's *Urumiah,* wo der herrlichste Marmor durch Quellen hervorgebracht wird. Der Marmor von *Tabreez* ist gewöhnlich gelblich oder hellblau, vollkommen compact und so durchscheinend, dafs er in dünnen Schichten für Badefenster u. s. w. gebraucht wird. Derselbe findet sich unweit *Maraga* an der Ostseite des See *Urumiah.* Ungeheure Quantitäten dieses Marmor sind gebrochen und verschickt worden. Man nimmt gewöhnlich an, dafs die Quellen ihn jetzt absetzen; aber einzelne Thatsachen haben ihn zu der Vermuthung gebracht, dafs dieses nicht der Fall sein dürfte. Ueber dem Marmor liegt ein mehrere Fufs dickes Lager von gewöhnlichem Tuff- oder Travertin. Hitchcock nimmt an, dafs dieser Tuff das ganze Lager bildet, welches, seit die Quellen ihren gegenwärtigen Stand einnahmen, gebildet worden ist; und dafs der Marmor zu einer Zeit abgelagert wurde, als ihre Temperatur höher war und sie vielleicht unter Grundwassern (deep waters) lagen.

---

[1]) Eli Smyth im Erg. Band zu Poggendorff's Ann. Bd. I. S. 374.

[2]) Reports of the first, second and third Meetings of the Association of American Geologist and Naturalists. p. 414.

Interessant ist, dafs Mineralquellen körnigen Kalk absetzen können. Dafs heifse Quellen mehr dazu geschickt sein sollen, als kalte, bezweifle ich. Aus diesen erfolgt der Absatz langsamer, als aus jenen; je langsamer aber der kohlensaure Kalk sich absetzt, desto mehr kann er sich krystallinisch ausbilden. Eine geringe Veränderung in den Bestandtheilen der Quellen, aufser dem kohlensauren Kalk, mag leicht den Unterschied zwischen den früheren und späteren Absätzen bewirkt haben.

Ein Kalkstein im *Vinoso* des *Pico Crux* auf *Madeira*, der mitten im vulkanischen Tuff ein Nest von nicht sehr bedeutender Ausdehnung bildet, besteht nach einer sorgfältigen Analyse von E. Schweizer[1]) aus

Kohlensaurer Kalk	52,12
Kohlensaure Magnesia	5,15
Kieselsäure	20,38
Magnesia an Kieselsäure gebunden	5,39 [2])
Phosphors. Eisenoxyd	0,36
Organische Substanz	4,76
Wasser	10,00
Sand	1,57
	99,73

Nach Frey's mikroscopischer Untersuchung enthält er keine Kieselinfusorien. Demgemäfs ist die stickstoffhaltige organische Substanz wahrscheinlich nur ein zufälliger Bestandtheil. Schweizer hält diesen Kalkstein für einen Absatz einer ehemaligen Therme, welche eine verhältnifsmäfsig beträchtliche Menge von Kalk- und Magnesiasilicaten enthielt. Kam dieselbe auf ihrem späteren Laufe mit Kohlensäuregas in Berührung: so wurde das Kalksilicat vollständig, das schwieriger zersetzbare Magnesiasilicat nur theilweise, unter Abscheidung von Kieselsäure in Carbonat umgewandelt. Der Absatz erfolgte wahrscheinlich auf einer Stelle, wo thierische Ueberreste vorhanden waren.

[1]) Aus den Mittheilungen No. 104 der naturf. Ges. in Zürich.

[2]) Dafs Magnesiasilicat wirklich vorhanden ist, ergibt sich aus der directen Bestimmung der Kohlensäure, deren Menge zur vollständigen Sättigung der Basen nicht hinreicht, und aus einer mit verdünnter Salzsäure vorgenommenen Zersetzung des Minerals, wobei die kieselsaure Magnesia unzersetzt zurückblieb.

Gegen diesen vorausgesetzten Vorgang ist gewifs nichts zu erinnern.

Absätze von kohlensaurem Kalk aus kalten Quellen.

Diese Absätze sind so frequente Erscheinungen, dafs es ermüdend sein würde, viele einzelne Localitäten anzuführen, wo sie vorkommen. Jede Höhle im Kalkgebirge, in der sich Kalk-Stalactiten finden, könnte als Beispiel, wenigstens des Absatzes kohlensauren Kalks aus Gewässern angeführt werden, welche durch Spalten und Klüfte des Gesteins filtrirend, mit Hülfe ihrer, wenn auch nur unbedeutenden, freien Kohlensäure kohlensauren Kalk auflösen und denselben in hohlen Räumen, in Folge langsamer und gänzlicher Verdunstung des Wassers und jener Kohlensäure, wieder absetzen.

Ein ausgebreitetes, durch Walchner's Untersuchungen[1]) näher ermitteltes Kalktuff-Lager im Becken von *Canstadt* zeigt unter anderm, welche bedeutende Bildungen durch Quellen hervorgerufen werden können. Noch heut zu Tage fliefsen in der Gegend von *Canstadt* gegen 50 Quellen von 15° bis 17° R., welche an ihren Ausflüssen noch fortwährend Tuff absetzen, der ganz identisch mit dem früheren ist. Ihre Wassermenge beträgt in 24 Stunden 800000 Cubikfufs, woraus sich, nach Walchner's Berechnung, 2000 Centner Steinmasse absetzen können[2]).

Die an Kalkstein reichen Gegenden *Deutschlands* liefern viele Beispiele von Kalktuff-Absätzen. So die Gegend zwischen dem *Harze* und dem *Thüringer Walde*, auf dem *Eichsfelde*, bei *Langensalza*, *Mühlhausen*, *Gotha*, *Tonna*. Sie bilden sich noch so häufig fort, dafs man an vielen Stellen die Mühlengerinne, in welche solche Quellen geleitet werden, aushauen mufs, wie bei *Göttingen*. Ausgezeichnete Punkte dieses Vorkommens sind zu *Königslutter* bei *Braunschweig*, im *Triebisch*-Thale bei *Meifsen*[3]). In

[1]) Darst. der geognost. Verhältnisse der Mineralquellen am Schwarzwalde. S. 35.

[2]) Dies ist doch wohl nur die jährliche Menge, welche abgesetzt wird?

[3]) Hoffmann a. a. O. S. 481. Vgl. ferner Mautens Untersuchungen im Kap. XIX.

einem Seitenthale, welches bei *Vlotho* in die *Weser* mündet, fand ich gleichfalls ein sehr bedeutendes Kalktuff-Lager, welches an einigen Stellen durch Steinbruchsarbeit 12—15 Fufs tief abgebaut ist, ohne dafs man es durchsunken hat. Bekannt ist der Kalksinter, welcher sich in den römischen Wasserleitungen, die sich von der Höhe der *Eifel* theils nach *Cöln*, theils nach *Trier* hinziehen, in so bedeutenden Massen abgesetzt hat, dafs Säulen daraus verfertigt wurden, welche man hier und da in den Kirchen der *Eifel* findet. Nach meiner Analyse ist dieser Kalksinter ein sehr reiner kohlensaurer Kalk; denn er besteht aus:

Kohlensaurer Kalkerde	99,35
Kohlensaurer Magnesia	1,20
Eisenoxyd	0,13
	100,68 [1])

Kein Land mag indefs so viele ausgezeichnete Sinter-Absätze aufzuweisen haben, als *Italien*, wo die mächtige kalkreiche *Apenninen*-Kette zu ihrer Bildung eine ausgezeichnete Gelegenheit darbietet. Seit den ältesten Zeiten ist der *Travertino, lapis tiburtinus* der Alten, aus welchem die Römer viele der bedeutendsten Bauwerke, wie das Colosseum, aufführten, und welcher sich noch jetzt in der *Campagna di Roma* fortbildet, berühmt. Nirgends geht unter gewöhnlichen Umständen die Bildung desselben reichlicher vor sich, als an den Cascaden von *Tivoli*. Dort setzt man kleine Bildwerke (Crucifixe u. s. w.) dem Staube der Wasserfälle aus, wodurch sie sich nach einiger Zeit mit blinkernden Kalksinter-Körnchen überziehen [2]).

Südöstlich von *Smyrna* entspringt die versteinernde Quelle von *Pambuk Kalessi* [3]), nicht fern von den Ruinen des alten *Hierapolis*, aus einem Teiche. Ihre gröfsere Wasserfülle stürzt durch die Mitte ihrer selbst gebildeten Stal-

[1]) Da die Kohlensäure nicht direct bestimmt wurde, so mag es wohl sein, dafs ein geringer Antheil Kalk oder Magnesia als Silicat vorhanden waren, worauf ich vor 30 Jahren, als diese Analyse angestellt wurde, keine Rücksicht nahm. Dieser Umstand würde wenigstens den Ueberschufs von 0,68 Proc. erklären.

[2]) Hoffmann a. a. O. S. 481.

[3]) Ergänz. Band zu Poggendorff's Ann. Bd. I. S. 373.

actiten-Gruppen in die Thaltiefe. Hier wölben sich über dem Strome Gruppen, wie herabhängendes Gebüsch von Thränenweiden, aber als kreideweifse Stalactiten-Gebilde, mit wolligem schaumigem Ansehen.

C. Brunner[1]) beschreibt ein Kalklager im Torf bei *Kirchdorf* im Canton *Bern*, 2—2½ Fufs mächtig in Form eines weifsen zarten Pulvers, welches etwas Kieselsäure enthielt. Infusorien finden sich nicht in diesem amorphen Kalkstaub.

Ohne Zweifel ist dieses Lager ein Quellenabsatz. Wie es aber kam, dafs der Kalk als ein amorpher Staub sich ausgeschieden hat, wird schwerlich zu ermitteln sein.

Aus den zusammengestellten Analysen von Kalksinter-Absätzen ergeben sich folgende Resultate: Der Hauptbestandtheil aller dieser Absätze aus heifsen Quellen ist kohlensaurer Kalk. Enthält das Thermalwasser kohlensauren Strontian, Fluorcalcium und phosphorsaure Salze: so fallen diese Salze stets mit dem kohlensauren Kalk nieder. Die Fällung dieser Stoffe hängt blos vom Entweichen der halbgebundenen Kohlensäure ab. S. 281 wurde schon angedeutet, warum die kohlensaure Magnesia in diesen Absätzen so selten ist. Da die Sprudelsteine keine kohlensaure Magnesia enthalten: so wird die ganze Menge dieses Carbonats in den Thermen *Carlsbad's* mit den abfliefsenden Gewässern fortgeführt.

Absätze von Gyps.

Beispiele von Absätzen von Gyps anführen zu wollen, würde eben so ermüdend, als zwecklos sein: überall, wo gypshaltige Gewässer verdunsten, entstehen solche Absätze. Daher findet man Gypskrystalle so häufig in Thonlagern unter der Dammerde, im Mergel, Gerölle, als Sand in Ebenen, längs der Meeresküste *(Granada)*[2]).

---

[1]) Mittheilungen der naturf. Gesellsch. in *Bern* aus dem Jahre 1840. S 122.

[2]) Von dem Absatze des Gyps in Salzseen und im Meere wird im Kap. XVII die Rede sein.

Absätze von Eisenoxydhydrat und kohlensaurem Eisenoxydul aus kalten Säuerlingen.

Vor 30 Jahren[1]) habe ich einige Mittheilungen über die bedeutenden Ocher-Lager gemacht, welche sich als Absätze aus den zahlreichen Eisensäuerlingen in den Thälern der Umgebungen des *Laacher-See's*, theils in früheren Zeiten gebildet haben, theils sich vor unsern Augen noch bilden. Diese Ocher-Absätze sind an manchen Stellen so beträchtlich, dafs sie Gegenstand einer nicht unbedeutenden Gewinnung sind.

Der Hauptbestandtheil aller dieser Ocher-Absätze ist Eisenoxydhydrat. Ein solcher Absatz, der sich ganz in der Nähe der Quelle abgesetzt hatte, bestand aus:

Eisenoxyd	80,64
Kohlensaurem Kalk . . .	13,06
Kieselsäure	6,30
	100,00

Die Oxydation bringt daher einen bei weitem gröfseren Effect zur Ausscheidung des Eisens hervor, als die Verflüchtigung der Kohlensäure des Kalkbicarbonat zur Abscheidung des kohlensauren Kalk. Wenn beide Scheidungsmittel gleiche Effecte hervorbrächten, so müfsten sich mit 80,64 Theilen Eisenoxyd 428 Theile kohlensaurer Kalk, also 33mal so viel ausscheiden, als sich wirklich ausgeschieden hat; denn dies ist das Verhältnifs des Eisenoxyd zum kohlensauren Kalk in jenem Mineralwasser. Ein ähnliches Verhalten zeigt die Kieselsäure. Hätte sich diese mit dem Eisenoxyd in dem Verhältnisse ausgeschieden, in welchem beide im Mineralwasser aufgelöst sind: so hätten sich mit 80,64 Theilen Eisenoxyd 39,4 Theile Kieselsäure ausscheiden müssen, also 6mal so viel, als sich wirklich ausgeschieden hat. Das Mineralwasser führt daher nach dem Absatze des Eisenocher, vom kohlensauren Kalk die 33fache Menge und von der Kieselsäure die 6fache Menge von demjenigen fort, was es absetzt.

Ein Ocher-Absatz von einer anderen Quelle, den ich untersucht habe, brauste, als er mit Säure übergossen wurde, nicht im mindesten. Er enthielt auch nicht eine

[1]) Schweigger's Journ. Bd. LXVIII. S. 420.

Spur von kohlensaurem Kalk; dagegen eine Spur von Magnesia, die wahrscheinlich mit Kieselsäure verbunden war.

Es finden daher bei den kalten Quellen ähnliche Verhältnisse statt, wie wir sie oben (S. 535) bei den warmen kennen gelernt haben; nur mit dem Unterschiede, dafs aus jenen der kohlensaure Kalk noch viel später sich absetzt, als aus diesen, aus welchen die halbgebundene Kohlensäure sich viel schneller verflüchtigt. Eben defshalb werden die Absätze kohlensaurer Kalkerde aus kalten Quellen, wenn die Abflüsse irgendwo zum Stagniren kommen, oder an Spalten-Wänden langsam herabfliefsen, noch freier von Eisen sein, als die aus heifsen Quellen; denn je später der kohlensaure Kalk zum Absatze kommt, desto mehr hat das Eisenoxydulcarbonat Gelegenheit, sich früher in Eisenoxydhydrat umgewandelt abzuscheiden. Mit dem kohlensauren Kalk kann sich aber gleichzeitig Kieselsäure abscheiden.

In Drusenräumen scheidet sich die Kieselsäure stets früher, als der kohlensaure Kalk ab; denn die kieseligen Bildungen in denselben sind die älteren, und die Kalkspathe die jüngeren. Manchmal kehrt sich freilich diese Reihenfolge um, indem früher abgesetzter Kalkspath durch die Gewässer wieder fortgeführt wird, und an seine Stelle kieselige Bildungen treten, wodurch Pseudomorphosen nach Kalkspath entstehen.

Ich bemerkte[1], dafs sich unter dem Ocher-Absatze bei *Wehr*, in einer gewissen Tiefe, ein fast weifses, an der Luft aber bald schmutziggrün werdendes Lager von kohlensaurem Eisenoxydul findet. Aus dem Umstande, dafs sich die Ocher-Lager gewöhnlich mehr oder weniger über das Niveau der Mineralquellen erheben und kleine Hügel bilden, suchte ich den Absatz jenes Carbonats zu erklären. Schreitet nämlich, nach der Bildung einer Ocherschicht auf Kosten des atmosphärischen Sauerstoffs, der Absatz unter derselben fort: so wird dadurch jene Schicht in die Höhe gedrängt. So lange sich diese Absätze unter dem Einflusse der Luft bilden, entsteht Eisenocher. Sind sie aber so dicht geworden, dafs sie einen luftdichten Abschlufs bilden: so kann sich Eisenoxydhydrat nicht mehr absetzen.

---

[1] A. a. O.

Ein weiterer Absatz des Eisens kann blos auf dieselbe Weise, wie beim Kalksinter, nämlich durch allmälige Verflüchtigung eines Theils der Kohlensäure, wodurch das Eisen als Carbonat niederfällt, erfolgen. Diese Wirkung wird besonders dadurch begünstigt, dafs schon durch den ersten Ocher-Absatz der Abflufs der Quellen beschränkt wird und eine theilweise Stagnation des Wassers eintritt. Durch diese Stagnation entsteht um die Quelle herum ein Sumpf, das Wasser breitet sich aus und durch die vermehrte Oberfläche wird die Verflüchtigung der Kohlensäure und des Wassers beschleunigt. Da sich die späteren Absätze des kohlensauren Eisenoxydul zwischen den früheren des Eisenoxydhydrat und dem ursprünglichen Boden einschieben: so mufs sich der ganze Absatz heben, bis endlich der Druck der abgesetzten Massen so zunimmt, dafs die Quelle gezwungen wird, einen andern Ausflufs zu suchen, wo sie weniger Hindernisse findet.

Meinen Bemerkungen fügte ich damals hinzu, dafs noch besondere Umstände beim Absatze des kohlensauren Eisenoxydul obwalten müfsten, weil man es nicht überall unter dem Eisenocher findet. Häufig kommen gerade da, wo die bedeutendsten Ocherlager angetroffen werden, keine Mineralquellen mehr hervor. Ohne Zweifel haben sie sich hier den Weg selbst verstopft, und an tiefer gelegenen Stellen einen Ausweg gesucht, wie sich dies nicht selten zeigt. War in solchem Falle die Ocherbildung so weit fortgeschritten, dafs die spätere Ablagerung dem Einflusse der Luft sich hätte entziehen und kohlensaures Eisenoxydul entstehen können, aber weder Abflufs noch Zuflufs der Quelle mehr stattfand: so konnte sich dieses Eisensalz nicht absetzen. Daher mag es rühren, dafs unter den meisten Ocherlagern kein kohlensaures Eisenoxydul angetroffen wird.

Einige weitere Aufschlüsse über die Bildung dieses Carbonats erhielt ich beim Erschürfen einer Mineralquelle im *Brohlthal,* unter meinen Augen. In einer Tiefe von 9 Fufs fand sich nämlich Sphärosiderit, der aus 77,3 kohlensaurem Eisenoxydul, 2,6 kohlensaurem Kalk und erdigen Gemengtheilen, zerriebenem Trafs, bestand[1]).

[1]) Bei diesem Erschürfen wurde ein 3 Fufs mächtiges Eisenocher-

Bemerkenswerth ist in diesem Sphärosiderit der geringe Gehalt an kohlensaurem Kalk im Verhältnisse zum

---

lager durchsunken. Unter diesem kam man auf ein 6 Fufs mächtiges Thonlager, welches in der Berührungsfläche mit jenem von Wurzeln und Grasstengeln durchzogen war und Holzstücke enthielt. Unter dem Thone traf man auf eine ungefähr $^3/_4$ Fufs dicke Schale von Sphärosiderit, und unter derselben auf Trafs, der durch das Mineralwasser so erweicht war, dafs er mit dem Spaten herausgestochen werden konnte. Erst 1 Fufs tief unter dem Sphärosiderit nahm der Trafs seine gewöhnliche Consistenz wieder an. Jener Sphärosiderit ist ohne Zweifel ein Absatz aus dem Mineralwasser. Die Kohlensäure wurde wahrscheinlich von den Alkalien und alkalischen Erden des Trasses ergriffen, und das von ihr in Auflösung gehaltene Eisenoxydul-Carbonat schlug sich als als Sphärosiderit nieder, während die entstandenen alkalischen und erdigen Carbonate vom Wasser fortgeführt wurden.

Die erschürfte Mineralquelle bietet ein Beispiel dar, wie sich eisenhaltige Quellen durch ihre Ocher-Ablagerung selbst den Weg verstopfen, und einen tiefern Ausflufs wählen.

Bei jenen Ausgrabungen fand man 2 Fufs unter dem Ocherlager, also 5 Fufs unter der Oberfläche, viele Ziegelsteine. Mehrere waren Bruchstücke eines Gesimses, andere hohl, als wenn sie Theile einer Röhrenleitung gewesen wären; wieder andere waren platt und dicker, wie die gewöhnlichen Dachziegel. Sie lagen durch einander und theils unter, theils zwischen gröfseren Bruchstücken von Grauwacke. Wahrscheinlich waren alle diese Gesteine die Reste einer ehemaligen Quellenfassung, und vielleicht eines gemauerten Bades. Auf ihnen lagen grofse Grauwacke-Blöcke und Basalte. Noch unter diesen Bauüberresten, die entschieden von der Römerzeit herrührten, fanden sich Bruchstücke einer gebrannten irdenen Urne, eines flachen mit Figuren verzierten Gefäfses, eines Knochens und eines verrosteten Scheermessers. Unter den gesammelten Steinen waren Bruchstücke eines römischen Altars aus Trafs, wie man deren im *Brohlthale* mehrere gefunden hat. Ein noch viel gröfserer, weniger verzierter Altarstein lag etwas seitwärts auf einer starken Kohlensäure-Entwicklung. Endlich unter allen diesen Ueberresten fand man auf der Sphärosiderit-Schale, wo eine Ader der Quelle hervorkam, sieben römische kupferne Münzen, mit Brustbildern von J. Caesar, Augustus, Tiberius, Vespasianus u. s. w., ganz nahe neben einander liegend. Später fand sich auch eine silberne Münze in dem ausgegrabenen Erdreich.

Die Römer haben ohne Zweifel den Thon durchsunken, und ihre Bauten auf den Sphärosiderit aufgeführt. Nach Zerstörung derselben mag der Thon von allen Seiten her zugleich mit den grofsen Stein-

kohlensauren Eisenoxydul. Die Analyse des Säuerlings, woraus jener Sphärosiderit sich abgesetzt hatte, zeigt, dafs der kohlensaure Kalk fast 4mal so viel wie das kohlensaure Eisenoxydul beträgt, während umgekehrt im Absatze letzteres 30mal so viel als ersteres ausmacht.

Welche bedeutende Quantitäten Eisenocher die heute noch in jener Gegend fliefsenden Mineralquellen absetzen, habe ich durch eine Calculation gezeigt, wonach sie in 1000 Jahren ungefähr ein Lager von $1/8$ Quadratmeile und 1 Fufs Mächtigkeit bilden könnten. Eine Mineralquelle liefert im Jahre 2628 Pfund Eisenoxydhydrat, welche Menge in 1000 Jahren eine Gebirgsspalte von 2 Zoll Mächtigkeit, 2566 Fufs Streichungs-Länge und eben so viel Tiefe erfüllen könnte [1]).

Der oben bemerkte Fall, dafs die heutigen Mineralquellen im tiefern Niveau entspringen, als die Ocherlager sich finden, kommt in jenen Gegenden sehr häufig vor. Aufser der oben angeführten Ursache kann auch die Austiefung der Thäler dies veranlafst haben, da die Quellen in der Regel in den tiefsten Stellen derselben hervorkommen. Absätze, welche sich früher an den Bächen absetzen, sind natürlich bei dieser Austiefung fortgeführt worden.

Dort sieht man auch, wie Absätze früherer Zeiten von anderer Beschaffenheit waren, als jetzt. Im höheren Niveau, als die jetzigen Absätze, trifft man nämlich an manchen Stellen bedeutende Kalksinter-Lager an, während die jetzigen Quellen nur Ocherlager mit geringer Beimengung von kohlensaurem Kalk bilden. Es ist indefs denkbar, dafs dieser Kalksinter von Mineralquellen herrührt,

---

blöcken auf die Bauüberreste geworfen worden sein. Das 3 Fufs mächtige Ocherlager hatte sich aber nach der Römerzeit gebildet; denn es war nirgends in seiner Lagerung alterirt, und in ihm fanden sich auch keine Steine. Die in der Nähe dieses Ochers gelegenen Ziegelsteine und Grauwackenstücke waren mit verhärtetem Eisenocher überzogen. Auch im Ocherlager selbst waren einzelne verhärtete Drusen von Brauneisenstein.

Seit Jahrtausenden hat daher die wieder aufgefundene Mineralquelle ihren Weg zwischen dem Trasse und dem Thone genommen und zwischen beiden die Sphärosiderit-Schale abgesetzt.

[1]) A. a. O. S. 431.

welche an früheren Stellen des Laufes Eisenocher und an späteren kohlensauren Kalk abgesetzt hatten.

Auch das Umgekehrte zeigt sich, dafs Quellen jetzt einen höheren Ausflufs haben, als früher. Hier und da sind nämlich Kalksinter-Lager von bedeutenden Eisenocher-Lagern bedeckt. Es kann sein, dafs in diesen Fällen Quellen, welche einen langen Lauf zurückgelegt und kohlensauren Kalk abgesetzt hatten, zu fliefsen aufhörten oder ihren Lauf veränderten, und dafs andere Quellen in der Nähe dieser Kalklager später zu Tage kamen, ihren Abflufs über diese Lager nahmen und Eisenocher darauf absetzten. Die in weit von einander abstehenden Stellen des Quellenabflusses erfolgenden Absätze von Eisenocher und von kohlensaurem Kalk erklären die mannichfaltigsten Modificationen in den Lagerungs-Verhältnissen beider Absätze.

Neuerdings wurden nachstehende Absätze aus kalten Quellen analysirt, welche recht auffallend zeigen, wie wenig von den Carbonaten abgesetzt wird.

	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.
Eisenoxyd	57,30	65,30	53,88	40,57	50,42	53,10
Manganoxyd	—	0,76	6,95	Spur	—	—
Kalk	6,68	0,15	0,40	—	—	—
Magnesia	—	0,04	0,12	—	—	—
Eisenoxydul	—	—	1,68	—	—	—
Kohlens. Kalk	—	—	—	2,11	2,36	4,50
Kohlens. Magnesia	—	—	—	1,06	0,83	0,67
Thonerde	—	—	—	—	3,97	2,91
Schwefelsäure	0,54	—	—	—	—	—
Kieselsäure, lösliche	—	0,43	6,91	5,00	2,00	4,20
Arsenik	—	0,96	0,025	0,05	0,03	0,06
Arsenige Säure	0,06	—	—	—	—	—
Kupfer	—	0,017	0,001	Spur	—	—
Zinn	—	0,003		—	—	—
Wasser	23,34	26,33	23,93	18,00	20,03	19,51
Organische Substanz	0,54			16,80	15,19	12,33
Sand	5,39	6,02	6,71	16,41	3,97	2,72
Kohlensäure	6,15	—	1,36	—	—	—
Verlust		—	—	—	1,20	—
	100,00	100,01	101,966	100,00	100,00	100,00

I aus dem Säuerling von *Driburg* [1]);

[1]) Ludwig im Archiv der Pharmacie (2) Bd. LI. S. 145.

II und III aus der Bade- und Trinkquelle zu *Alexisbad* am *Harz*[1]);

IV aus einer Quelle bei *Foix*[2]);

V aus der Quelle *St. Madelaine de Flourens*[2]);

VI aus einer Quelle nahe bei *Toulouse*[2]).

Wie sehr sich die Bestandtheile der Absätze der Quellwasser ändern, wenn dieselben bei Ausschlufs der Luft erfolgen, zeigt die Analyse des Absatzes in der Leitung des von *Arcueil* nach *Paris* geführten Wassers, welches 90 kohlensauren Kalk, 6,0 kohlensaure Magnesia, 2,2 schwefelsauren Kalk und 1,8 Kieselsäure, Eisenoxyd und organische Materie enthält[3]).

Modificationen und völlige Umwandlungen in Absätzen sind ohne Zweifel dadurch entstanden, dafs in früherer Zeit gebildete Absätze durch Austausch verändert oder gar weggeführt wurden. Hatten Gewässer gewisse Absätze gebildet, änderten sich später ihre Bestandtheile: so konnte es geschehen, dafs sie das, was sie früher abgesetzt hatten, später ganz oder theilweise wieder fortführten und dagegen andere Stoffe absetzten. Eben so konnten präexistirende und auf ganz andere Weise gebildete Körper, wenn sie fortwährend mit Gewässern in Berührung kamen, durch solchen Austausch ihre Bestandtheile völlig verändern. Als ein Beispiel eines solchen Austausches führen wir folgenden Fall an.

In einem petrificirten Menschenschädel von unbekanntem Fundorte[4]) konnte man mittelst der Lupe keine Spur von der ursprünglichen Knochensubstanz mehr wahrnehmen; der Schädel erschien als ein Mittelding zwischen erdiger Braunkohle und erdigem Brauneisenstein. Durch trockne Destillation erhielt man aus ihm Producte, wie sie Braunkohle gibt; es entwickelte sich keine Spur von Ammoniak. Die Analyse gab Folgendes:

---

[1]) Rammelsberg in Poggendorff's Ann. Bd. LXXII. S. 571.

[2]) Filhol im pharmac. Journ. (3) Bd. XIII. S. 13. Die Absätze wurden in der Siedhitze des Wassers getrocknet.

[3]) Boutron-Charlard und Henry ebendaselbst Bd. XIV. S. 173.

[4]) Kersten in Karsten's und von Dechen's Archiv Bd. XVI. S. 372.

Organische, braunkohlenartige Substanz	46,15
Eisen- und Manganoxyd, sehr phosphorsäurehaltig . . .	41,90
Wasser	9,00
Erdige in Säuren unlösliche Stoffe, hauptsächlich Kieselsäure	2,40
Schwefelsaurer Kalk	Spur
	99,45

Gewässer hatten demnach allen Kalk des Carbonat und Phosphat fortgeführt und dagegen Eisen- und Manganoxyd abgesetzt, welche sich mit der Phosphorsäure verbanden. Es mag sein, wie Kersten vermuthet, dafs es schwefelsaures Eisenoxyduloxyd, von oxydirtem Eisenkies herrührend, war, welches diese Zersetzung bewirkte. Auffallend ist, dafs die organische Materie 14 Proc. mehr beträgt, als im Knochenknorpel enthalten ist.

Absätze von Manganoxyd.

Die Eisenocher-Absätze enthalten meist Manganoxyd in geringen Mengen. Nicht so häufig sind Absätze aus Quellen, welche Manganoxyd als vorwaltenden Bestandtheil enthalten. In der Gegend von *Nürnberg* fand man, bei der Reparatur eines in Felsen gehauenen Wasserkanals, eine ungeheure Menge Manganoxydhydrat [1]). Eine Quelle in der Nähe des *Vorgebirges der guten Hoffnung*, von 34°,7 R. soll eine sehr dicke Incrustation von Manganoxyd bis zu einer ziemlich grofsen Entfernung von der Quelle in den Abflufskanälen absetzen [2]). Kersten [3]) fand in einer 16° warmen Mineralquelle im Hause der russischen Krone zu *Carlsbad* eine stellenweise homogene, dem Manganit ähnliche Masse, bei deren Auflösung in Salzsäure sich Chlor entwickelte. In einer von mir selbst geöffneten Achatdruse in den Mandelsteinen bei *Idar*, unweit *Oberstein* fand ich auf den Amethystkrystallen eine dunkelbraune feuchte Masse, welche aus Manganoxyd, Eisenoxyd und Kieselsäure bestand und mit Salzsäure Chlor entwickelte.

Folgende Absätze sind besonders bemerkenswerth:

---

1) Leuchs im Journ. f. pract. Chem. Bd. XXI. S. 399.
2) Townsend im l'Institut. 1844. No. 529.
3) Karsten's und v. Dechen's Archiv Bd. XIX. S. 754.

	I.		II.
Manganoxyd	35,0		25,01
Eisenoxyd	6,5		22,90
Baryt	4,5		—
Quarzsand	50.0	Kieselsäure	18,98
Ulmin	4,0		—
Wasser	—		33,00
	100,0		99,89

I. Absatz aus den Quellen von *Luxeuil*[1]). Er entwickelte mit Salzsäure Chlor.

II. Absatz aus Grubenwassern in einer Grube bei *Freiberg*, der noch in der Bildung begriffen war[2]).

Die Gegenwart von Mangansuperoxyd in vorstehenden Absätzen zeigt, dafs das kohlensaure Manganoxydul in Gewässern nach seiner Abscheidung durch den atmosphärischen Sauerstoff bis zum Superoxyd oxydirt werden kann.

Ueber das Vorkommen von Manganerzen und Brauneisenstein auf dem *Hunsrücken* und im *Soonwald* auf der linken Seite des *Rhein* gibt Nöggerath Nachricht[3]). Sie finden sich so ziemlich an den hohen Gebirgsrücken, als auch auf seinen Abhängen. Ohne Schwierigkeit ist zu begreifen, dafs es Gewässer waren, welche, beladen mit atmosphärischer Kohlensäure, Eisen- und Manganoxydul auflösten, und während ihres Herabfliefsens in Spalten und Schichtungsflächen sie absetzten. Ohne Zweifel haben die Gewässer, welche früher Kieselsäure abgesetzt und so die dortigen Quarzgänge gebildet hatten, denselben Weg von oben herab genommen. Der oft so reiche Eisenoxydul- und wenn auch viel weniger reiche Manganoxydulgehalt im Thonschiefer hat ohne Zweifel das Material geliefert[4]).

Die Erzlager finden sich, wo der Thonschiefer und die Grauwacke sehr zersetzt, weich und gebleicht sind: zum Beweise, dafs diesen der Eisen- und Mangangehalt durch

---

[1]) Braconnat in Ann. de chim. et de phys. T. XVIII. p. 221.

[2]) Kersten a. a. O.

[3]) Karsten's und v. Dechen's Archiv Bd. XVI. S. 470.

[4]) Wir werden weiter unten sehen, dafs organische Ueberreste im Thonschiefer auch das Eisenoxyd zu Eisenoxydul reduciren konnten.

die Gewässer entzogen worden ist [1]). Auch in den Quarzklüften kommt der Brauneisenstein vor, und in ihm zuweilen Psilomelan und Pyrolusit.

Die herabfliefsenden Gewässer, lösen so lange Eisenoxydul und andere Basen auf, als ihr Kohlensäuregehalt reicht; ist dieser zu Ende, so können sie nichts mehr auflösen. Gelangen sie aber in tiefer liegende Klüfte, dringen sie selbst in das Gestein ein: so setzen sie das aufgenommene Eisenoxydul in Folge der oxydirenden Wirkung der, auch in den engsten Klüften nicht fehlenden Luft, wieder ab. Die hierbei frei werdende Kohlensäure ist im Stande, wieder neue Quantitäten Eisenoxydul u. s. w. aufzulösen, wodurch sich der Auflösungs- und Abscheidungs-Procefs wiederholt. So kann die geringe Menge Kohlensäure, welche die Tagewasser mit sich führen, immerfort neue Quantitäten dieser Oxydule auflösen, bis endlich die Gewässer als Quellen ausfliefsen, oder sich mit den Grundwassern vereinigen. Die Auflösung kann sich also von dem Ausgehenden eines Gebirges bis zu grofser Tiefe fortsetzen.

Absätze von Schwefeleisen.

Die Absätze von Schwefelmetallen aus Quellen gehören zu den merkwürdigsten, weil sie sich aus verschiedenen Bestandtheilen derselben bilden.

Longchamp [2]) scheint der Erste gewesen zu sein, welcher in einem engen Kanale der Thermalquellen von *Chaudesaigues* am *Cantal* Eisenkies als unzweifelhaften Absatz aus einem Mineralwasser fand. Wie er sich aber darin bilde, hält Longchamp zu erklären für schwierig. Nöggerath [3]) gab dazu ein interessantes Gegenstück in den *Aachener* Thermen, indem bei der Reinigung des Quellenbeckens, Stücke des Uebergangskalkstein, zwischen welchen und der Grauwacke die Quelle hervorsprudelt,

---

[1]) Es wird versichert, dafs in gröfseren Tiefen, wo der Thonschiefer fester wird, die Eisenstein-Absätze ihr Ende erreichen. An der Oberfläche, wo das Gestein fester wird, fehlen sie gänzlich.

[2]) Ann. de chim. et de phys. T. XXXII. p. 260.

[3]) Schweigger's Journ. Bd. XLIX. S. 260.

mit einem dünnen Eisenkies-Ueberzug bedeckt gefunden wurden.

Bald hierauf (1831) hatte ich Gelegenheit, eine ähnliche Beobachtung zu machen [1]). Als man nämlich den hohlen Baumstamm, in welchem eine Mineralquelle bei *Burgbrohl* früher gefafst war, heraus nahm und das lose Erdreich wegräumte, fand man darin metallisch glänzenden, schwarzgelben, selten krystallinischen, meist unkrystallinischen Eisenkies, in welchem irgend ein Pflanzenstengelchen oder Holzsplitterchen enthalten war, welche die erste Veranlassung zu seiner Bildung gegeben zu haben scheinen. Er ritzte deutlich Glas und die chemische Analyse liefs ihn als reinen Eisenkies erkennen. Das Wasser enthielt $\frac{1}{33333}$ schwefelsaures Natron.

Durch andere Versuche fand ich den Schlüssel zur Erklärung dieser Erscheinung. Um die Fällung des Eisens in einem Mineralwasser zu verhüten, füllte ich eine grofse Zahl Krüge mit demselben, brachte in jeden Krug eine Messerspitze voll Zucker und verschlofs ihn mit Kork, Pech und Leder auf die gewöhnliche Weise. Nach ungefähr 13 Monaten hatten sich aus dem Wasser schwarze Flokken ausgeschieden, welche Schwefeleisen waren. Nach $3\frac{1}{2}$ Jahren öffnete ich mehrere dieser Krüge. Aus allen entwickelte sich ein mehr oder weniger starker Geruch nach Schwefelwasserstoff und in allen hatte sich jenes schwarze Pulver, in manchen auch schwarze Flocken abgesetzt.

Zur Analyse sammelte ich dieses schwarze Pulver aus 30 und einigen Krügen, und es ergab sich, dafs es nahe die Zusammensetzung des Eisenkies hatte. Bemerkenswerth ist, dafs es mit 50,4 Proc. Kieselsäure gemengt war, welche nach der Behandlung des Ganzen mit Königswasser schwarz gefärbt zurückblieb; aber beim Glühen unter Luftzutritt verglimmte, 13 Proc. an ihrem Gewichte verlor und weifs wurde.

Das von dem schwarzen Pulver abfiltrirte Mineralwasser wurde von Chlorbaryum kaum merklich getrübt. Das schwefelsaure Natron, welches im unveränderten Mineralwasser $\frac{1}{10000}$ betrug, war also durch den Zucker zer-

[1]) Schweigger's Journ. Bd. LXIV. S. 331.

setzt worden. Der Schwefel hatte den einen Bestandtheil und das Eisen des kohlensauren Eisenoxydul den andern geliefert.

Damit war die Bildung des Eisenkies auf Kosten des schwefelsauren Natron und des kohlensauren Eisenoxydul erwiesen und die Möglichkeit gegeben, dafs in allen Fällen, wo schwefelsaure Salze, Eisenoxydul und organische Substanzen auf nassem Wege in Berührung kommen, eine solche Bildung stattfinden kann [1]). Auf diese Weise wurde das oben (S. 31) angeführte Gesetz entdeckt.

Chevreul [2]) fand, dafs der schwarze sandige Absatz aus der *Bièvre* in *Paris* Schwefelcalcium enthält, welches sich durch Einwirkung organischer Stoffe auf schwefelsauren Kalk bildet. Als er Eisenoxydhydrat mit der wässrigen Lösung dieses Schwefelcalcium schüttelte, färbte es sich schwarz und ging in Schwefeleisen über. Die Bildung des Schwefeleisen unter dem Strafsenpflaster und in den Schleusen von *Paris* auf diese Weise ist demnach erwiesen.

Absatz von Schwefelzink.

Vor 30 Jahren [3]) fand man in einem Bleibergwerk, östlich vom *Siebengebirge*, auf altem Grubenholze einen beinahe zwei Linien dicken Sinter, der sich in dünnen Schalen ablöste, und zuweilen zwischen denselben, oder auch unter der ganzen Kruste einen höchst zarten Anflug von Schwefel enthielt. Der Bruch zeigte keine Spur von krystallinischem Gefüge. Der Sinter war undurchsichtig, licht erbsengelb oder licht aschgrau.

Nach meiner mit möglichst reinen Stücken vorgenommenen Analyse bestand dieser Sinter aus:

---

[1]) Weitere Beispiele von Eisenkies-Bildungen auf dem angezeigten Wege 1. Aufl. Bd. I. S. 919.

[2]) Compt. rend. T. XLIII. p. 128. Polytechn. Centralblatt. 1856. S. 1216.

[3]) Nöggerath und G. Bischof in Schweigger's Journ. für Chemie und Physik. Bd. LXV. S. 245 ff.

Schwefelzink	37,571
Schwefelkadmium	0,279
Ueberschüssigem Schwefel	0,241
Eisenoxyd	1,392
Kieselsäure	28,886
Thonerde	9,424
Eisenoxyd	3,023
Kalkerde	0,410
Magnesia und organischer Materie	4,576
Wasser und flüchtigen Bestandtheilen	14,198
	100,000

Dafs dieser Sinter aus Gewässern sich abgesetzt hatte, welche mit dem Grubenholze in Berührung gekommen waren, kann nicht im mindesten bezweifelt werden. Nach historischen Nachrichten kann dessen Bildung zwischen dem zwölften und Anfang des fünfzehnten Jahrhunderts begonnen haben; sie erfolgte aber wohl hauptsächlich erst, als der Stollen zu Bruche gegangen war und sich dadurch theilweise oder ganz mit Wasser erfüllt hatte.

Was den Absatz des Schwefelzink und Schwefelkadmium betrifft: so sind zwei Annahmen zulässig, welche indefs beide voraussetzen, dafs Blende in der Grube oxydirt und das gebildete schwefelsaure Zinkoxyd von Grubenwassern aufgenommen worden sei: eine Erscheinung, welche häufig an anderen Orten vorkommt. Entweder kam Schwefelwasserstoffgas, welches sich in verlassenen Gruben durch Fäulnifs alten Grubenholzes so häufig entwickelt, mit der Lösung jenes Zinkoxydsalzes in Berührung und schlug daraus Schwefelzink nieder, oder diese Lösung wurde durch das Grubenholz, worauf sich der Sinter abgesetzt hatte, eben so zersetzt, wie schwefelsaures Eisenoxydul durch organische Substanzen. Ob das Eisen im Sinter, welches von der Salpetersäure aufgelöst wurde, sich auch als Eisenkies abgesetzt und später oxydirt hatte, oder ob es als Eisenoxydhydrat abgesetzt wurde, müssen wir unentschieden lassen. Die geringe Menge überschüssigen Schwefels möchte zu Gunsten der ersteren Annahme sprechen, indem sie von zersetztem Eisenkiese herrühren könnte. Das Eisen in dem Silicate konnte nur im oxydirten Zustande, wahrscheinlich als Oxydul, vorhanden gewesen sein.

Der in Rede stehende Sinter zeigt entschieden die Möglichkeit der Bildung des Schwefelzink auf nassem Wege. Neben Silicaten, welche die Gewässer aufgelöst enthielten, war ein Zinkoxydsalz vorhanden [1]).

Absatz von Galmey aus Gewässern [2]).

Nöggerath [3]) fand in alten Gruben bei *Tarnowitz* in *Oberschlesien* die Zimmerung und Bündel von Baumblättern mit Krusten von kohlensaurem Zinkoxyd überzogen. Da dieses Vorkommen den Absatz dieses Carbonats aus Gewässern entschieden beweiset: so ist zu schliefsen, dafs die Galmey-Lager (kohlensaures und kieselsaures Zinkoxyd) in *Oberschlesien* und *Polen* auf dieselbe Weise gebildet worden sind. Nach Victor Monheim [4]) finden sich auch in Strecken des *busbacher* Berges bei *Stolberg* die aus Brauneisenstein bestehenden Wände mit einer Kruste weifsen Zinkspaths überzogen. Wahrscheinlich ist die eine dieser Strecken seit 200, die andere seit 60 Jahren abgebaut worden. Seit dieser Zeit hat sich also der Zinkspath gebildet. Als dieser Bergbau 1846 wieder aufgenommen wurde, fand man die Strecken mit Kohlensäuregas erfüllt; am Auflösungsmittel des kohlensauren Zinkoxyd fehlte es daher nicht. Im festen Galmey des *Herrenberg* bei *Nirm* fand man ebenfalls Holzstücke. Der Auslaugeprocefs geht also auf den *schlesischen*, wie auf den *busbacher* Gruben noch fort, und es liegt nahe, das kohlensaure Zinkoxyd im umgebenden Gestein selbst zu suchen, in dem es sich auch gefunden hat und noch finden wird. So fand Karsten [5]) in vier

---

[1]) Bemerkenswerth ist die Umwandlung verzinkten Eisens in künstliche Blende im unreinen Meerwasser. R. Mallet in *London* Journ. of arts. 1844. Febr. p. 44.

[2]) Seit dem Erscheinen der I. Aufl. theilte Delanoue (Jahresber. 1850. S. 773) Bemerkungen über die Bildungsweise der Galmeylagerstätten mit. Er hält die Erze auf denselben für Absätze aus Thermalquellen.

[3]) Nach brieflicher Mittheilung aus *Tarnowitz* vom 17. Nov. 1843.

[4]) Verhandlungen des naturhist. Vereins der preufsischen Rheinlande 1845. S. 75. 1848. S. 36. 39. 41. 157. 162. 171. 1849. S. 1. 24. 49. 54, und Amtlicher Bericht über die Versammlung deutscher Naturforscher in *Aachen*.

[5]) Dessen Archiv für Mineralogie u. s. w. Bd. XVII. S. 57.

Dolomiten, meist von der *Scharlei*-Grube bei *Tarnowitz* oder aus deren Nähe, kohlensaures Eisenoxydul mit kohlensaurem Zinkoxyd (1,2 bis 1,75 p. C.) und in einem blos kohlensaures Zinkoxyd (0,5 p. C.), *Monheim* im dichten Dolomit an der Grenze des *Altenberger* Galmeylagers bei *Aachen* 1,38 p. C., und *Davreux* im Dolomit von *Membach* bei *Eupen* 9,75 p. C.[1]). In einer Art von Dolomit von *Tunis* in *Afrika* fand Berthier[2]) sogar 28,9 p. C. davon, und auch 3 bis 19 p. C. kohlensaures Bleioxyd; letzteres auch in einigen Zinkspathen. Bergemann fand, nach gefälliger Mittheilung in 17 verschiedenen Dolomiten aus *Westphalen* $^1/_2$ bis 19,2 p. C. kohlensaures Zinkoxyd.

Absätze von Raseneisenstein aus Gewässern.

Die Raseneisensteine, Sumpferze, Wiesenerze, sind Sedimente, die theils auf chemischem Wege, theils durch organische Thätigkeit entstanden sind.

Kindler[3]) beobachtete über die Bildung dieser Erze Folgendes: Am Abhange von Sandbergen, die mit Nadelholz bewachsen sind, und wo tiefer liegende Quellen Bergstürze veranlassen, saugen abgestorbene Wurzeln, welche sich durch den Eisenoxyd-haltigen Quarzsand ziehen, das durchsickernde Regenwasser ein. Es tritt ein Verwesungsprocefs ein, wodurch Säuren gebildet werden, welche das Eisen als Oxyd oder Oxydul reichlich aufzulösen vermögen: denn der Sand wird in wenig Monaten eben so weifs, wie wenn er mit Salzsäure ausgelaugt worden wäre. Die Wirkung einer zwei Linien dicken Wurzel erstreckt sich auf ein bis zwei Zoll Durchmesser. Diese Erscheinung zeigt sich auch in Wäldern und Gärten: überall findet man unter vermoderndem Laube entfärbten Sand. Daubrée[4]) bemerkte diese Entfärbung des eisenhaltigen Sandes durch die Wurzeln gleichfalls auf den weiten Strecken in der Ebene des *Rhein* und in *Lothringen*. Feuchtet man eine verwesende Wurzel und durch Eisenoxydhydrat gefärbten

---

[1]) Verhandlungen. 1845. S. 76.

[2]) Ebendas. S. 77.

[3]) Poggendorffs Ann. Bd. XXXVII. S. 203.

[4]) Compt. rend. T. XX.

Sand oft mit reinem Wasser an, so zeigt sich das abfiltrirende Wasser nach dem Abdampfen eisenhaltig. Die Fäulnifs wirkt daher als ein kräftiges Desoxydationsmittel.

Bei der Verwesung vegetabilischer Substanzen bilden sich Kohlensäure, Quellsäure u. s. w.[1]) Eisenoxydul löset sich in beiden Säuren auf. Quellsaures Eisenoxyd ist unlöslich im Wasser, aber löslich in Ammoniak. Sind daher faulende Stickstoff-haltige organische Substanzen vorhanden, welche Ammoniak entwickeln, so kann jenes Salz in Auflösung übergehen. Die Quellsatzsäure verhält sich zu den Eisenoxyden, wie die Quellsäure. Auch die in der Dammerde vorkommende Huminsäure gibt mit Eisenoxyd eine Verbindung, welche sich in 2300 Th. Wasser auflöst.

Es fehlt also in Sümpfen und Morästen nicht an Säuren, welche Eisenoxydul-Eisenoxyd auflösen können, und dafs wirklich solche Auflösungen erfolgen, zeigen Kindler's Beobachtungen. Werden durch Verwesung vegetabilischer und thierischer Substanzen gleichzeitig phosphorsaure Salze, namentlich phosphorsaurer Kalk, ausgeschieden, die sich in kohlensaurem Wasser auflösen: so sind alle Bedingungen zur Bildung von phosphorsaurem Eisenoxydul und Eisenoxyd gegeben. Zu bemerken ist indefs, dafs alle bisherigen Analysen von Raseneisensteinen keinen Kalk als Bestandtheil nachgewiesen haben. Sofern daher phosphorsaurer Kalk die Phosphorsäure geliefert haben sollte, müfste der entstandene kohlensaure Kalk durch die Gewässer fortgeführt worden sein. Auch aus bereits gebildetem kohlensaurem Eisenoxydul kann, wenn durch Fäulnifs der organischen Substanzen phosphorsaurer Kalk ausgeschieden worden, phosphorsaures Eisenoxydul entstehen (S. 54 No. 20)[2]).

Eine etwas aufmerksame Beobachtung der Sümpfe zeigt folgende Vorgänge. Das Wasser in ihnen spielt auf der Oberfläche mit Regenbogenfarben, indem sich auf ihm nach und nach eine dünne Haut bildet. Dies ist der Ge-

---

[1]) Quellsatzsäure (1 bis 2,5 Proc.) ist von Hermann in einem Raseneisenstein aus dem Gouvernement *Nischnei-Nowgorod* in *Rufsland* gefunden worden.

[2]) Im Gouvernement *Olonetz* hat man schon längst erkannt, dafs das in Sümpfen abgesetzte Eisenerz mehr Phosphorsäure enthält, als das aus Seen. Annuaire des mines de Russie. 1835. p. 240.

gensatz von jenem Desoxydationsprocesse: nämlich die allmälige Oxydation des Eisenoxydul des Carbonat. Es ist dieselbe Erscheinung, wie man sie wahrnimmt, wenn man dieses Carbonat aus Eisenfeile und Wasser, wodurch Kohlensäuregas geleitet worden, darstellt. Wird diese anfangs völlig klare Auflösung der Luft ausgesetzt, so überzieht sie sich ebenfalls mit einer irisirenden Haut und Eisenoxydhydrat fällt nach und nach nieder.

Das kohlensaure Eisenoxydul im Wasser der Sümpfe rührt entweder von Zuflüssen her die es aufgelöst enthalten, oder vom Eisenoxyd in seinen schwebenden Theilen, welche sich nach und nach absetzen und auf dem Boden der Sümpfe in Contact mit organischen Ueberresten desoxydirt werden. Das Eisenoxydhydrat, welches sich durch Oxydation des kohlensauren Eisenoxydul bildet und niederfällt, erleidet dieselbe Reduction. Wenn aber die organischen Ueberreste auf dem Boden der Sümpfe durch diesen Procefs gänzlich zerstört worden sind: so kann die Reduction des abgesetzten Eisenoxyd nicht mehr von Statten gehen, sondern es bilden sich dann Lager von Sumpferz. Alles in Gesteinen und Erden zerstreute Eisenoxyd wird so weit und so tief, als die Fäulnifsprocesse reichen, mit der Zeit gleichfalls in lösliches Carbonat umgewandelt, welches wieder durch Oxydation gefällt wird.

Man sieht, wie bei diesen Processen das Eisenoxydul der Träger für den Sauerstoff wird und ihn den, in der Tiefe des Sumpfes faulenden Substanzen, welche, wegen der Wasserbedeckung, in keine unmittelbare Berührung mit dem atmosphärischen Sauerstoff kommen, zuführt. Es ist daher klar, dafs die Zerstörung organischer Substanzen an Stellen, wo der Sauerstoff durch das Eisenoxyd zugeführt wird, schneller von Statten gehen wird, als an anderen wo nur der vom Wasser der Sümpfe absorbirte Sauerstoff mit ihnen in Berührung kommt [1]). Hier wie überall,

[1]) Dafs Eisenoxyd oxydirend auf organische Substanzen wirkt und sie dadurch zersetzt werden, zeigen mehrere Erscheinungen. So fand Kuhlmann (Jahresber. 1859. S. 56) dafs eiserne gerostete Nägel, da, wo sie im Holze gesteckt, dasselbe oxydirt hatten. Das Eisen war äufserlich als Oxyd, in unmittelbarer Nähe des Holzes als

wirkt die Natur schaffend, während sie zerstört. Organismen gehen unter und mineralische Bildungen treten an ihre Stelle. Das in Gesteinen und Erden zerstreute und in dieser Zerstreuung für uns nutzlose Eisenoxyd wird extrahirt und sammelt sich in Sedimenten, welche gewinnbringend für Gegenden werden, in denen andere und bessere Eisenerze fehlen.

Der Desoxydationsprocefs des Eisenoxyd geht auch in der Dammerde von Statten; denn Rich. Phillips jun. und Wilson[1]) fanden, dafs das Eisen in den von ihnen untersuchten Bodenarten vorzugsweise als Eisenoxydul vorkommt. Die Menge schwankte in fünf Bodenarten aus *England*, *Belgien* und *Indien*, welche zu den fruchtbarsten gehörten, zwischen 3 und 14 p. C. Das kohlensaure Eisenoxydul in der Ackerkrume, entstanden durch Reduction des Eisenoxyd auf Kosten des Humus und durch Verbindung der gebildeten Kohlensäure mit dem Eisenoxydul, wird gegen die oxydirende Wirkung des atmosphärischen Sauerstoffs durch den Humus geschützt.

In Sandgruben in den Umgebungen von *Bonn*, wo auf dem Gerölle und dem Sande nur eine dünne Thonschicht gelagert ist, findet man Schnüre, Knollen und Ueberzüge von Eisenoxydhydrat, welche sich von der Dammerde mehrere Fufs tief in das Gerölle hinabziehen. Hier zeigt sich deutlich die in der Dammerde von Statten gehende Reduction des Eisenoxyd und die im Gerölle wieder eintretende Oxydation des gebildeten und von den Gewässern hinabgeführten kohlensauren Eisenoxydul. Wo das Thonlager mächtiger (5—6 F.) ist, schliefst es die hinabdringenden Gewässer ab; hier findet sich daher im Gerölle kein Eisenoxydhydrat.

Auf den Höhen des *Rheinthals*, welche noch mit Rheingeschieben bedeckt sind, kommen nicht selten fufsgrofse Blöcke von solchen, mit Eisenoxydhydrat conglomerirten Geschieben vor. Ohne Zweifel sind auch diese Blöcke dadurch entstanden, dafs in der, diese Geschiebe bedecken-

---

Oxydul vorhanden. Gewebe aus Pflanzenfasern werden da, wo sie Rostflecken haben, bald mürbe.

[1]) Philos. Magazine. Vol. XXVI. No. 174.

den Dammerde, Eisenoxydhydrat reducirt und kohlensaures Eisenoxydul gebildet wurde, welches, da die Dammerde auf den Höhen nur in dünnen Schichten vorkommt, die Gewässer leicht in die Geschiebe führten.

Es kann nicht fehlen, dafs solche Conglomerate in Flufsthälern und namentlich da, wo die Geschiebe und der Sand nur mit dünnen Thonlagern bedeckt sind, häufig entstehen. Zu den faulenden vegetabilischen und den durch den Dünger zugeführten thierischen Ueberresten kommen noch diejenigen, welche das Flufswasser bei Ueberschwemmungen und die Bergwasser zur Regenzeit absetzen. In uncultivirten Thälern, wo die ganze jährliche Vegetation durch Fäulnifs zerstört wird, sind besonders günstige Bedingungen zur Reduction der Eisenoxyde gegeben. Es mag wohl der Fall sein, dafs dort die Dammerde ihren ganzen Eisengehalt einbüfst, wenn keine wasserdichte Schichten das Niedergehen der eisenhaltigen Wasser verhindern.

Beim Niederstofsen mehrerer Bohrlöcher im aufgeschwemmten Lande des *Ahrthals*, welches dort eine Mächtigkeit von 30 und einigen Fufsen hat, fand ich bis zu dieser Tiefe Geschiebe und Sand, welche durch Eisenoxydhydrat conglomerirt waren. Hier sind es aber kohlensäurereiche, eisenhaltige Thermalquellen, welche bis zum Wasserspiegel der Grundwasser aufsteigen und sich mit diesen vermischen. Wahrscheinlich ist es das von diesen Grundwassern absorbirte Sauerstoffgas, welches die Oxydation des kohlensauren Eisenoxydul und seinen Absatz als Eisenoxydhydrat bewirkt.

Im Sande sind die günstigsten Bedingungen zur Reduction des ihn gelb und braun färbenden Eisenoxydhydrat gegeben, wenn er organische Ueberreste enthält; denn da er wasserdurchlassend ist: so führen die Gewässer das reducirte kohlensaure Eisenoxydul leicht fort. Eine solche Reduction scheint im Sande der Braunkohlen-Formation von Statten gegangen zu sein, da er meist weifs ist und Körner und Staubtheile von Braunkohlen so wie manchmal viele Ueberreste von Fischen und Reptilien einschliefst[1]).

---

[1]) Plettner über die Braunkohlen-Formation der Mark *Brandenburg* in d. Zeitschr. d. deutsch. geol. Ges. Bd. IV. S. 436; v. De-

Waren diese Braunkohlen-Theilchen in gröfserer Menge vorhanden, als zur Reduction erforderlich war: so konnte seine ursprüngliche graue, graubraune oder gelbliche Färbung nicht ganz verschwinden; er erscheint daher noch in diesen Farben.

Dafs in der Braunkohlen-Formation überhaupt verschiedenartige Reductionen von Statten gegangen sind und noch gehen, zeigen die Eisenkiese, welche in den Thonen und in den Braunkohlen bisweilen so angehäuft sind, dafs sie förmliche Lager bilden. Der in den Thonen und in den Braunkohlen nicht selten vorkommende Gyps, welcher manchmal gröfsere Lager bildet und in fufsgrofsen Krystallen erscheint [1]), lieferte ohne Zweifel das Material zu diesen Eisenkies-Bildungen. Zu den Reductions-Producten gehört auch der im Braunkohlen-Sande vorkommende Schwefel (Kap. XVI).

Da die meist durch Eisenoxydhydrat gefärbten Sandsteine das Material zu dem Sande in der Braunkohlen-Formation geliefert haben: so kann es nicht befremden, ihn in dieser, an vegetabilischen Ueberresten so reichen Formation entfärbt zu finden. Wo es, wie in dem von Flüssen angeschwemmten Sande an Reductionsmitteln fehlt, da zeigt er noch die Farben der Sandsteine, woraus er entstanden ist. Die Sandsteine und Sande der Kreideformation sind meist weifs, gelb oder braun und bald sehr arm bald reich an organischen Ueberresten. Wahrscheinlich würde sich eine Beziehung zwischen der weifsen Farbe und dem Reichthum an organischen Stoffen, so wie zwischen den gelben oder braunen Farben und der Armuth an denselben herausstellen, wenn man darauf die Aufmerksamkeit richten wollte.

Es ist leicht einzusehen, dafs die Reduction in einem gröfseren Verhältnisse, als die Bildung des kohlensauren Eisenoxydul fortschreiten müsse, selbst wenn blos der Kohlenstoff und nicht der Wasserstoff in den organischen Ueberresten die Desoxydation bewirkt; denn 2 Atome Ei-

---

chen fand ähnliche Verhältnisse in den rheinischen Braunkohlensanden.

[1]) Naumann's Lehrb. d. Geognosie. Bd. II. S. 1081.

senoxyd liefern, wenn sie zu Oxydul reducirt werden, nur 1 At. Kohlensäure, und dieses Atom Kohlensäure gibt mit 1 At. Eisenoxydul 1 At. kohlensaures Eisenoxydul, während 4 At. Eisenoxydul gebildet werden. Selbst in diesem Falle kommt also nur $1/4$ des durch Reduction entstandenen Eisenoxydul zur Verbindung mit der gleichzeitig gebildeten Kohlensäure und $3/4$ bleiben übrig. Nimmt auch, wie nicht zu zweifeln, der Wasserstoff in den organischen Ueberresten an der Desoxydation des Eisenoxyd Theil, bildet sich also, aufser der Kohlensäure, auch Wasser: so beträgt die Menge des unverbunden zurückbleibenden Eisenoxydul noch mehr, als das Dreifache von demjenigen, welches sich mit der gleichzeitig gebildeten Kohlensäure verbindet. Wenn jedoch das Wasser, in welchem diese Zersetzung von Statten geht, Kohlensäure aus der atmosphärischen Luft aufnimmt: so kann alles gebildete Eisenoxydul in Carbonat umgewandelt werden.

Wir können nicht anders annehmen, als dafs das Eisenoxydul-Silicat in sedimentären Formationen durch Reduction auf Kosten organischer Substanzen gebildet werde; denn die schwebenden Theile, welche dem Meere und den Seen zugeführt werden, enthalten gröfstentheils Eisenoxyd-Silicat (vergl. dagegen S. 515). Diese Reduction ist aber leicht zubegreifen, wenn man die grofse Menge organischer Substanzen in diesen Gewässern beachtet.

Ehrenberg [1]) fand in der ochergelben und sehr voluminösen Masse in Sümpfen und Torflachen, unter dem Mikroskope, äufserst zarte, gegliederte Fäden, deren Glieder nur $\frac{1}{1000}$ Linie messen, und welchen die gelbe Farbe inhärirt. Diese zarten Glieder-Fäden verlieren nicht ihre Gestalt durch starkes Glühen, nehmen aber die rothbraune Farbe des geglühten Eisenocher an. Es gibt also ein, der Gattung Gaillonella der Bacillarien ganz ähnliches, aber sehr kleines organisches Wesen von überaus starkem Eisengehalte. Dieser läfst sich durch Salzsäure ohne Veränderung der Form ebenso ausziehen wie der phosphorsaure Kalk aus Knochen, wobei die Gallerte bekanntlich deren Form beibehält. Eben so erscheint die, offenbar einen Kie-

---

[1]) Poggendorff's Ann. Bd. XXXVIII. S. 217.

selpanzer führende Gaillonella ferruginea in ihrer unveränderten Form, nach Extraction des Eisens.

Verschiedene Raseneisenerze von *Berlin*, vom *Ural*, von *Newyork* u. s. w., verhielten sich gerade so. Auch die ocherigen Absätze aus Salzsoolen (vom *Colberger* und *Dürrenberger* Salzwerke) enthalten solche Infusionsthierchen, welche sehr der Gaillonella ferruginea gleichen. Diese lebenden Thiere scheinen immer gelb zu sein, sich aber nach dem Sterben nach der Oberfläche zu ziehen und graugrün, und nach dem Niedersinken wieder gelb zu werden [1]).

Danach möchte man schliefsen, dafs aus Eisenoxydhydrat das Knochenskelett dieser Thierchen sich bildet, dafs aber nach ihrem Tode, bei der Fäulnifs, durch die reducirende Wirkung der organischen Materie, das Oxyd zu Oxydul wird, welches späterhin sich wieder auf Kosten der Luft oxydirt. So weit wäre dies mit dem oben (S. 564) Angeführten in Uebereinstimmung. Da sich aber das Eisenoxydhydrat im Sumpfwasser erst aus dem aufgelösten kohlensauren Eisenoxydul bildet, so müfste nicht das aufgelöste, sondern das schwebende Eisen das Material zum Panzer liefern. Möchte nicht vielleicht die Aufnahme des Eisens in aufgelöster Form durch das entstehende Thierchen und die Oxydation zu Eisenoxydhydrat ein und derselbe Act sein? Es ist wenigstens schwierig zu begreifen, wie feste Körper, als solche, von solchen mikroskopischen Thierchen aufgenommen werden sollten.

Nach Ehrenberg haben die Thierchen des Raseneisenstein nur $\frac{1}{1000}$ Linie im Durchmesser, oder $\frac{1}{21}$ der Dicke eines Menschenhaares. Eine Cubiklinie von solchem thierischen Eisenocher würde in gleichem Verhältnisse schon 1000 Millionen lebender Wesen enthalten. Der Kieselsäure-Gehalt des Raseneisenstein und die unverbrennliche organische Gestalt der sehr kleinen Körperchen, welche den umgebenden Ocher bilden, machen es, nach Ehrenberg's Bemerkung, höchst wahrscheinlich, dafs auch hier ein organisches Verhältnifs durch Infusorien-Bildung, wenn auch nur so eingreift, dafs diese Thierchen durch ihren bedeu-

---

[1]) Mehrere hierher gehörende Erscheinungen finden sich in Bronn's Handb. einer Geschichte der Natur. Bd. II. S. 405 u. 406.

tenden Eisengehalt, nach dem Tode, einen Centralpunkt oder Kern bilden, in welchen alles übrige aufgelöste Eisen der nächsten Umgebung hineingezogen wird.

Wir können die Entwicklung der Infusorien nur als eine coordinirte, die Bildung des Raseneisenstein begleitende Erscheinung betrachten; denn, wie oben gezeigt wurde, reicht die in Sümpfen von Statten gehende Fäulniſs organischer Substanzen vollkommen hin, diese Bildung zu erklären.

Aus vorstehenden Betrachtungen ersehen wir, daſs die Raseneisensteine nächst dem aus eisenhaltigen Mineralquellen sich absetzenden Eisenocher u. s. w. zu den jüngsten Eisenerz-Bildungen und zwar zu denjenigen gehören, welche noch unter unsern Augen fortschreiten, und sehr verbreitet sind.

Daubrée[1]) macht aufmerksam, wie für alle diese Eisenerzlager das Vorkommen in der Nähe von langsam flieſsenden Flüssen, welche sich in morastige Lachen theilen (*Elbe, Oder, Spree, Neiſse* u. s. w.) oder in Seen, welche von Flüssen ihren Zufluſs erhalten (mehr als tausend Seen *Schweden's, Norwegen's, Finnland's* und des nördlichen *Ruſsland's* liefern Beispiele) charakteristisch ist.

Wenn dieses Erz im Boden lagert, so findet es sich selten über 3 Fuſs tief: Rasen, Heide, Sand, Schlamm oder sehr oft auch Torf bedecken es; seine Mächtigkeit übersteigt selten 2 bis 3 Fuſs und ist in der Regel weit geringer. Das Erz vom Grunde der Seen kommt oft in isolirten sphäroidischen Körnern mit concentrischer Structur vor, welche zuweilen mit den, in tertiären Formationen so häufigen Roggensteinen Aehnlichkeit hat. Man trifft es auch in kleinen flachen Sandsteinen von $1/3$ Zoll Durchmesser.

Die gebildeten Eisenerz-Absätze werden zur Zeit des hohen Wasserstandes benachbarten Bächen oder Flüssen zugeführt. So lange dieselben rasch flieſsen, setzt sich in ihrem Bette nichts ab; wo aber ihre Schnelligkeit beträchtlich abnimmt, besonders in stehenden Wasserlachen, welche sie in geringer Entfernung von ihrem Ufer nähren,

---

[1]) A. a. O.

schlägt sich das suspendirte oder auch noch gelöste Eisenoxyd allmälig nieder. Indem sich der Niederschlag an beiden Seiten in den Sand zieht, scheidet er sich in Form von Adern und Nieren aus.

Bilden die Flüsse durch beträchtliche Ausbauchung Seen, wie in *Skandinavien* und *Finnland*, so setzt sich aus dem darin stagnirenden Wasser der gröfsere Theil des Eisenoxydhydrat ab. Der Ueberschufs wird vom Flusse fortgeführt und längs ihm wiederholt sich dieselbe Erscheinung, wenn er Sümpfe bildet. Der Rest gelangt endlich in das Meer, wo das sich abscheidende Oxyd ohne Zweifel dazu beiträgt, als Bindemittel andere lockere Absätze zu verkitten.

Es versteht sich von selbst, dafs diese Eisenerz-Bildungen in allen früheren sedimentären Perioden, seit der Erscheinung der Vegetation auf Erden, stattgefunden haben müssen. Dahin gehören die eisenhaltigen Adern und Nieren, womit der Diluvial-Sand und Kies häufig durchwachsen ist. Besonders bemerkenswerth ist es, dafs die beiden sedimentären Gebilde, die Braunkohlen- und Steinkohlen-Formation, welche den gröfsten Reichthum an vegetabilischen Ueberresten enthalten, im Allgemeinen auch reich an Eisenerzen sind. In jenen finden wir häufig Sphärosiderite und Brauneisensteine, in diesen dichte, bisweilen thonige Spatheisensteine (Sphärosiderite) in dünnen Lagen oder in flachen Nieren, oft in grofser Menge. Die Steinkohlen-Gebirge *England's* sind so reich an diesem Eisensteine, dafs sämmtliches Eisen in *England* und *Schottland* daraus erzeugt wird.

Wie der Schieferthon noch jetzt Material zur Bildung solcher Eisenerze liefern kann, zeigt sein oft bedeutender Gehalt an Eisenoxydul[1]). Für die Bildung von kohlen-

[1]) Bemerkenswerth ist, dafs H. Taylor (Edinb. new philosoph. Journ. V. L. p. 140) in einem bituminösen Schieferthon, aus der *Hartly*-Grube bei *Newcastle*, der 39,4 Proc. kohlige Substanzen enthielt, 4,3 Proc. Eisenoxydul, in einem bläulichen Schieferthon, welcher das Hangende von jenem bildet, und keine kohligen Substanzen enthält, 4,5 Eisenoxydul und 4,6 Proc. Eisenoxyd fand. Dort wurde alles Eisenoxyd durch die kohligen Substanzen zu Eisenoxydul reducirt; hier war wahrscheinlich eine geringe Menge früher vorhandener

saurem Eisenoxydul aus diesem kommt der Umstand zu Statten, dafs aufser der Kohlensäure, welche durch die Reduction des Eisenoxyd gebildet wird, sich auch bei der allmäligen Umwandlung der Pflanzensubstanzen in Steinkohle Kohlensäure- und Kohlenwasserstoffgas entwickelt. Diese Gase durchdringen die Schieferthonlager über den Kohlenflötzen, das Kohlenwasserstoffgas wirkt reducirend, das Kohlensäuregas verbindet sich mit dem Eisenoxydul.

B. Absätze im Meere durch organische Thätigkeit.

Dafs die niedrigen Inseln im Weltmeere, wenigstens ihrem sichtbaren Theile nach, nichts anderes sind, als das Werk des wunderbaren Baues der Korallenthiere, und defshalb mit Recht den Namen *Korallen-Inseln* führen, ist eine unbestreitbare Thatsache. Zwar nur eine Eigenthümlichkeit des *indischen* und des *stillen Oceans*, ist jedoch das ungeheure Areal, welches die *Korallen-Inseln* einnehmen, kaum zu schätzen. Das Korallenriff an der Westseite von *Neu-Caledonia* nimmt eine Länge von 400, das grofse *Australische* eine Länge von fast 1000 englischen Meilen ein. Millionen Menschen leben auf den verwitterten kalkigen Knochengerüsten jener Thiere. Sollten auch die Massen, welche die Korallenthiere aufbauen, durchschnittlich nur eine Mächtigkeit von 25 bis 30 Fufs haben: so hat doch Capitain Belcher auf einer Koralleninsel 45 Fufs tief gebohrt, ohne dafs er durch die Korallenmasse gekommen ist. Darwin zweifelt nicht, dafs jene Thiere unter günstigen Umständen Massen von bedeutender Höhe auf einander thürmen können: Pfeiler und ringförmige

---

kohliger Substanzen zur Reduction verbraucht worden, so dafs aus Mangel derselben die Reduction nicht fortschreiten konnte. Der bläuliche Schieferthon enthält viele Nester von Eisenstein. Kremers (Poggendorff's Ann. Bd. LXXXIV. S. 72) fand in einem Schieferthon 11 Proc. Eisenoxydul. Die qualitative Prüfung eines durch seine immergrüne Farbe ausgezeichneten Schieferthons von *Gennweiler* im *Saarbrücker*-Steinkohlen-Gebirge ergab, dafs auch in diesem Gesteine das Eisen, wenn nicht ausschliefslich, doch gröfstentheils als Oxydul vorhanden ist. (Erste Aufl. I. S. 951. Vgl. auch Kap. XVI dieser Aufl.)

Riffe einiger Koralleninseln, die mit senkrechten Wänden bis 300 Fufs tief hinabgehen, zeigen dies[1]).

Solche, weniger durch ihre Dicke, als durch ihre Ausdehnung imponirende Schichten, welche gröfstentheils aus kohlensaurem Kalk bestehen, wünscht man mit dem im Meerwasser vorkommenden kohlensauren Kalk zu vergleichen. Man wundert sich, darin kaum $\frac{1}{10000}$ kohlensauren Kalk, mithin kaum nur $\frac{1}{10}$ von dem, was Wasser aufzulösen vermag zu finden. Man begreift nicht, wie eine Substanz aus einer Auflösung, die so weit vom Sättigungspunkte absteht, ohne vorhergegangene bedeutende Concentration durch Verdunstung, sich abscheiden könne. Da indefs diese Abscheidung in den Korallen-Bänken und in den zahllosen Muschelthieren vor unseren Augen erfolgt, die Thatsache also feststeht, wenn auch die Erklärung schwierig ist: so kann es wenigstens nicht mehr auffallen, dafs wir uns (I. Aufl. Bd. II. S. 501) bemüht haben, aus dem geringen Magnesiagehalt in Gewässern Umwandlungen und neue Bildungen im Gebirgsgesteine zu erklären, denen, was Grofsartigkeit betrifft, gewifs die Korallen-Bänke an die Seite gesetzt werden können? —

Man wird nicht erwiedern, die Massen-Verhältnisse zwischen dem Wasser des *Oceans* und den durch das Gebirgsgestein filtrirenden Gewässern seien zu ungleich, als dafs man einen Vergleich zwischen beiden ziehen könnte. In 10000 Jahren fällt auf die Erde durchschnittlich ein Meer von 30000 Fufs Tiefe nieder; fliefsen $^2/_3$ davon oberflächlich ab, und dringt nur $^1/_3$ davon ein, so kommt während eines solchen Zeitraums doch noch ein Meer von 10000 Fufs Tiefe mit demjenigen Theile eines Gebirges in Berührung, der über die benachbarte Thalsohle hervorragt. Welcher Unterschied bleibt nun zwischen jenen Korallen-Inseln und den Umwandlungen und neuen Bildungen im Gebirgsgesteine? — Kein anderer, als dafs dort Thiere es sind, welche dem Meerwasser den sparsam verbreiteten kohlensauren Kalk entziehen, daraus ihre Knochengerüste bilden und die Korallenbänke aufbauen, während hier, durch die Wirkungen der chemischen Ver-

[1]) Poggendorff's Ann. Bd. LXIV. S. 563 ff.

wandtschaft in der unorganischen Natur, von den Gewässern aufgenommen wird, was sie auflösen können, und durch Austausch mit anderen Stoffen das Aufgenommene ganz oder theilweise anderwärts wieder abgesetzt wird. Dort, in den Organen der Thiere, ist der Heerd der Bildung ringsumher von der Flüssigkeit umgeben, welche das Material hierzu liefert. Hier, im Gebirgsgesteine, dringt die Flüssigkeit ohne Unterbrechung in den Heerd der Umwandlungen, Fortführungen und neuen Bildungen. Hier wie dort sind ungeheure Zeiträume erforderlich, um mit geringen Mitteln grofsartige Wirkungen hervorzubringen. Während aber in hunderttausenden von Jahren die Korallenthiere ihre Bauwerke vollenden, gehen auch diejenigen grofsartigen Metamorphosen in der Erdrinde von Statten, welche, wie jene, Wirkungen auf nassem Wege sind.

Solche Betrachtungen dringen sich zunächst auf, wenn wir das, was vor unseren Augen von Statten geht, mit dem vergleichen, was vor uns von Statten gegangen ist.

Nirgends zeigt sich der wichtige Einflufs des organischen Reichs auf das unorganische auf eine bewunderungswürdigere Weise, als bei der Abscheidung des Kalks aus dem Meere. Die zahllosen Meerthiere, welche theils um sich herum, theils in ihrem Innern ein kalkiges Steingerüst bilden, sind es, welche das Gleichgewicht des im Meerwasser aufgelösten kohlensauren Kalk erhalten, aber auch die Meerpflanzen nehmen hieran Theil.

Könnte es zweifelhaft sein, dafs die Korallenthiere nur aus dem im Meerwasser aufgelösten kohlensauren Kalk ihr Steingerüste bauen: so würde Ehrenberg's Beobachtung[1]), dafs er da, wo das Meerwasser häufig durch beweglichen Sand getrübt wird, nie Korallen gedeihen sah, sondern nur im klarsten und reinsten Meerwasser, diesen Zweifel völlig beseitigen. Mehrfache Beobachtungen früherer Naturforscher und ebenso die späteren Darwin's[2]) haben dasselbe erwiesen. Letzterer beschreibt eine Korallenbank an der Westseite von *Mauritius (Bourbon),* welche diese Insel umgibt, und die, obwohl im Ganzen zusam-

---

[1]) Poggendorff's Ann. Bd. XLI. S. 269.
[2]) Ebend. Bd. LXIV. S. 572.

menhängend und leidlich wohl begrenzt, doch allemal dort unterbrochen ist, wo sich gegenüber ein Flufs in den Kanal ergiefst. Er betrachtet dies als eine offenbare Folge des trüben, unreinen oder salzlosen Wassers, welches der Flufs ins Meer führt und das die Zoophyten nicht lieben.

Dies ist unstreitig eine wichtige Bemerkung, weil sie eine einfache Ursache für Unterbrechungen in Korallenriffen angibt, woraus sich weitere Folgerungen ableiten lassen.

Es ist wohl zu begreifen, wie in der Regel die organischen Reste häufiger werden, wo Kalklager auftreten, wenn Organismen es sind, welche diese hervorgebracht haben. Kommen auch Kalksteine vor, welche beinahe versteinerungsleer sind: so dürfen wir nicht vergessen, dafs Ehrenberg's Untersuchungen mikroskopische Thierchen kennen lehrten, welche wahrscheinlich in allen Kalkschichten, in denen wir mit blofsen Augen Versteinerungen nicht mehr wahrnehmen, die Abscheidung des kohlensauren Kalk bewirkt haben. Danach bestehen viele, wahrscheinlich alle *europäischen* Kreidefelsen aus mikroskopischen, dem blofsen Auge meist ganz unsichtbaren, schneckenartigen Korallenthierchen mit Kalkschalen, und aus anderen mit Kieselschalen von $\frac{1}{24}$ bis $\frac{1}{288}$ Linie Gröfse[1]).

Bei der Mächtigkeit und Ausdehnung der Kreideformation gibt sich in diesem bedeutenden Kalkstein-Absatze der Einflufs des organischen Lebens auf die Meeres-Bildungen in grofsem Maafsstabe zu erkennen. Die Spuren ähnlicher Verhältnisse sind unter Mitwirkung Zeuschner's bis in den Oolithenkalk von *Krakau*, und unter Mitwirkung v. Helmersen's sogar bis in den Bergkalk *Rufsland's* verfolgt worden[2]).

Die lebenden sowohl als todten Korallenstämme bilden, nach Ehrenberg's Beobachtungen[3]) im *rothen Meere* nirgends über einander gehäufte hohe Lagen, sondern nur einen einfachen Ueberzug der meisten untermeerischen Felsen. Oft betrug die Höhe der Korallenschicht nur 1 bis 2 Fufs,

---

[1]) Ehrenberg in Poggendorff's Ann. Bd. XLVII. S. 502.
[2]) Ebend. Bd. LIV. S. 437.
[3]) Ebend. Bd. XLI. S. 1 ff. und S. 243 ff.

nirgends, so weit es sich erkennen liefs, mehr als $1\frac{1}{2}$ Klafter, je nach der Gröfse der einzelnen Blöcke. Aufmerksame Betrachtung der eigenthümlichen Structur der einzelnen Formen der Korallenthiere zeigt deutlich, dafs alle die, welche hauptsächlich Steinmassen bilden, gar nicht im Stande sind, feste Wände aufzubauen, um sich vor der Brandung zu schützen, wie es Forster sich dachte. Die Korallenthiere leben nicht in steinernen Röhren, und bauen nicht, wie Wespen, ein sie schützendes gemeinschaftliches Haus oder Nest. Auch sind sie nicht, wie die Austern, durch Steindeckel geschützt; sondern sämmtliche wahre und einflufsreiche Steinkorallen tragen den weichen Thierkörper aufserhalb, und das baumartige oder kugelartige Steingerüst bildet die innern Knochen oder den unteren Fufs. Zwar leben die Orgelkorallen durch ihre Stein-Epidermis gleichsam in steinernen Futteralen; allein gerade diese lieben nicht die stärkste Brandung, und sind auch zarter und zerbrechlicher als viele andere und von geringerer Gröfse. Die lebenden Korallen gehen im *rothen Meeres* nicht bis in grofse Tiefe. Schon bei 6 Klafter Tiefe fand Ehrenberg keine mehr, obwohl der weniger tiefe Rand der Inseln oder nahe Riffe deren sehr viele enthielten. Sie steigen also nicht vom tiefen Boden bis dicht unter die Meeresoberfläche empor. Endlich sind die Inseln des *rothen Meeres* überall weit deutlicher im Abnehmen als im Zunehmen an ihrer Oberfläche. Ehrenberg schliefst seinen interessanten Aufsatz mit der Bemerkung, dafs die Korallen in diesem Meere zwar nicht als Schöpfer neuer Inseln, wohl aber als bewundernswerthe Erhalter erscheinen.

Die von Maury aus dem *Atlantischen Ocean* mit dem Senklothe heraufgebrachten Proben von Meeresgrund, wovon schon oben die Rede war, zeigen, dafs auch in Tiefen von 10800 bis 12900 Fufs zahlreiche organische Formen-Absätze durch organische Thätigkeit sich bilden[1]). Die dort erwähnten kleinen Schalen sind nicht leer und todt, sondern oft mit thierischer Substanz

---

[1]) Neben ihnen enthielten die Proben auch Quarzkörnchen, Glimmer und kleine Fragmente von zelligem Bimsstein.

erfüllt; Ehrenberg[1]) glaubt daher, dafs in 12000 Fufs Tiefe am Meeresboden nicht nur ein thierisches, sondern auch ein pflanzliches Leben existirt. Die Polythalamien überwiegen an Masse, an Zahl der Arten die Polyastrica und Polycystina. Letztere sind in geringeren Tiefen seltener oder fehlen, nehmen aber in grofser Tiefe sehr zu. Die ganze Zahl der beobachteten Formen aus der Tiefe beträgt 150 Arten; an Lebensformen aus der Tiefe von mehr als 6000 Fufs 120 Arten. Unter diesen sind 2 lebensfähige Arten von Pflanzen in rasenartiger Entwicklung, deren eine dunkelschwarzbraun gefärbt und sehr verbreitet ist.

Wenden wir uns zu den zahllosen Korallen-Inseln im *Indischen* und *Australischen* Ocean, worüber wir seit 1605, durch eine grofse Zahl von Seefahrern zum Theil in das Wunderbare schweifende Nachrichten erhalten haben, und die später Darwin[2]) zum Gegenstande einer ausführlichen Untersuchung erwählt hat.

Es sind besonders die Korallenbänke, die sich den Küsten von Festländern und gröfseren Inseln meist dicht anschliefsen, sie umzäunen oder einfassen, so wie die Korallenriffe, welche Festländer und Inseln in mehr oder weniger grofsem Abstande von der Küste dammförmig einschliefsen oder umgeben, denen wir unsere Aufmerksamkeit zuwenden.

Wo die Küste steil und sogleich sehr tief ins Meer hinabgeht, finden sich keine Korallenbänke, weil dort den Zoophyten für ihren Bau die nöthige Unterlage fehlt. Wo sie sehr flach ins Wasser einschiefst, verlieren die Bänke den Character einer Umzäunung, erscheinen als abgesonderte, unregelmäfsig zerstreute Flecke, oft von bedeutendem Areal.

Der unmittelbare Bau der Korallenthiere erhebt sich nicht über die Oberfläche des Meeres, da diese Thiere aufserhalb des Wassers nicht zu leben vermögen. Durch

---

[1]) Berl. Akad.-Berichte. 1854. S. 54. 236. 305; 1855. S. 183. Jahresber. 1854. 883.

[2]) The structure and distribution of Coral Reefs etc. London 1842. Im Auszuge in Poggendorff's Ann. Bd. LXIV. S. 563 ff.

die Brandung des Meeres werden aber kleine und grofse Stücke, bis zu 6 Fufs Länge und 3 bis 4 Fufs Dicke, von dem Korallengerüste losgerissen und auf das Riff gewälzt. Dazu gesellen sich zerstückelte und zerriebene Muschelschalen, Fischknochen, Meerthiergehäuse und erdige Substanzen, welche von den Wellen in die Zwischenräume der Korallenstöcke hineingespült werden und zu einer Breccie verkitten. Aber immer ist die Höhe solcher Riffe oder Inseln nur gering; selten ragen sie zur Ebbezeit mehr als 6 bis 12 Fufs aus dem Wasser hervor.

Nach Darwin gedeihen die Korallen am besten im offenen stets bewegten Meere, wohl aus dem einfachen Grunde, weil dieses ihnen die meiste Nahrung (hauptsächlich kohlensauren Kalk) zuführt, welche sie, wie alle an ihren Wohnsitz gebannten Thiere, nicht aus weiter Ferne holen können. Könnten sie, wenigstens gewisse Arten, nicht der Gewalt der Wogen und Brandungen durch ihre Lebenskraft widerstehen: so wäre nicht einzusehen, was dem ganzen Baue Halt und Festigkeit geben sollte. Der ganze Unterbau eines Atolls an seiner Aufsenseite ist nicht aus einer todten Masse aufgemauert, sondern aus den starken kräftigen Gerüsten von Thieren, die während des Baues lebten, wenn sie auch jetzt zum Theil erstorben sind. Die Annahme Forster's und anderer Naturforscher, dafs die Korallenthiere ihren Bau aus unergründlichen Tiefen bis zur Meeresfläche heraufführen, entbehrt jeden Beweises. Die riffebauenden Korallenthiere sind nicht im Stande, in einer gröfseren, als in etwa 200 Fufs Tiefe zu leben. Gleichwohl hat man sie im abgestorbenen Zustande, sowohl an der Aufsenseite der Atolle, als in submarinen ganz todten Riffen in viel bedeutenderer Tiefe angetroffen.

Ch. Stokes[1]) bemerkt, dafs Korallen, welche durch Netze aus 270 Faden Tiefe, in 72° 31′ südlicher Breite und 173° 39′ östlicher Länge aufgefischt wurden, aus drei Arten Lepralia bestanden: Retepora cellulosa, ein kleines

---

[1]) Remarks on some Corals obtained from great depths in the Antartic Ocean, in einem Briefe von Charles Stokes Esq. an Captain Sir James C. Ross, R. N., Jameson's Edinb. new philos. Journ. July to October 1847. S. 258.

Stück in vollkommen frischem und lebenden Zustande; Retepora oder Hornera ebenso frisch. Fragmente, die beim Sondiren aus einer Tiefe von 400 Faden, 33° 31′ südlicher Breite und 107° 40′ östlicher Länge heraufgebracht wurden, aus Stücken von Muscheln und kleinen Korallen bestehend, scheinen indessen nicht lebend erhalten worden zu sein. Obschon, fährt er fort, wir lange wissen, dafs eine Primnoa aus *Norwegen* in einer grofsen Tiefe gefunden wird und einige niedere Korallen aus einer Tiefe von 70 bis 100 Faden erhalten wurden: so findet man doch, soweit unsere Erfahrung reicht, keine Korallen, mit Ausnahme vielleicht einiger Celloporae in grofsen Tiefen; und es ist ihm nicht bekannt, dafs je eine Melitsea oder Madrepora anders als in geringen Tiefen und in warmen Climaten gefunden worden wäre. Hieraus schlofs er, dafs diese mehr Sonnenlicht und Wärme bedürfen, als sie in der Tiefe, aus der obige Stücke erhalten wurden, haben konnten. Primnoa lepadifera findet sich, wie er glaubt, nur an der Küste von *Norwegen*. Er hat einzelne Stücke beinahe zwei Fufs hoch, und es wurde ihm mitgetheilt, dafs sie noch viel gröfser vorkämen. Sie finden sich in grofsen Tiefen von 150 bis 300 Faden, wo sie zusammen mit einem grofsen ästigen Alcyonium, von röthlicher Farbe, wachsen.

Darwin kommt zur Ansicht, dafs eine weit ausgedehnte Region der *australischen* Welt im Sinken begriffen war und noch ist. Hieraus würde wohl zu begreifen sein, wie Kalkgebilde von tausenden von Fufs Mächtigkeit, gleich denen des *Jura*, das Werk von Korallenthieren sein können, wenn das Sinken eines Riffs während grofser Zeiträume fortdauert, und während derselben die Thiere fortbauen [1]. Die Ausdehnung unserer Kalkgebirge kann kein Hindernifs in der Erklärung sein; denn der *Jura* hat z. B. nur $^3/_4$ von der Längen-Ausdehnung des Korallenriffs, welches *Neuholland* umgibt. Der Umstand, dafs sich die Korallen-Inseln seit 250 Jahren nicht verändert haben, kann kein Gewicht haben; denn was sind $2^1/_2$ Jahrhunderte gegen die grofsen geologischen Perioden? — Und der Ab-

[1]) Siehe hiergegen die Bemerkungen von Lyell. Principles of geology. Seventh ed. p. 760.

satz einer Kalkschicht, wie das *Juragebirge*, der aus dem Meerwasser, aus einer Flüssigkeit erfolgen mufste, die nur $\frac{1}{10000}$ kohlensauren Kalk enthält, fordert gewifs einen grofsen Zeitraum.

Verschiedene Erscheinungen, welche unsere Kalkgebirge zeigen, so ihr oft unterbrochener Zusammenhang und der Umstand, dafs die Ursachen, welche z. B. den Grauwackenkalkstein hervorbrachten, während der Bildung der Grauwacke selbst nicht wirksam sein konnten u. s. w., würden sich aus dem gleichsam sporadischen Vorkommen der Korallenbänke und Riffe erklären.

Die Thatsache, dafs die Korallenthiere nur im klarsten und reinsten Meerwasser bauen, ist wichtig hinsichtlich der Lagerung des Kalks auf Sedimenten von mechanischer Bildung. Die oft so reinen sedimentären Kalksteine, welche nur Spuren von fremden Beimengungen enthalten, sprechen dafür, dafs sie aus reinem, klaren Meerwasser gebildet worden sein müssen. Schwebende Kalktheilchen können, selbst wenn sie auch manchmal dem Meere durch die Flüsse zugeführt werden, in einer Flüssigkeit nicht gedacht werden, die, wie das Meerwasser, so weit von ihrem Sättigungspunkte absteht, und freie Kohlensäure enthält.

So sehr alle diese Verhältnisse mit der Ansicht übereinstimmen, dafs ein Kalkgebirge, wie der *Jura*, das Werk der Korallenthiere gewesen sein könnte: so möchten es doch schwerlich solche Korallenthiere gewesen sein, welche jetzt noch Riffe bauen: denn diese fordern ein Tropenklima. Ob die oben angeführten Korallen in nördlichen Meeren und in grofsen Tiefen Riffe bauen, wissen wir nicht; es genügt aber dies für eine Möglichkeit halten zu können.

Nicht zu übersehen ist endlich, dafs auch Sedimente durch organische Thätigkeit mit mechanischen Sedimenten gemengt vorkommen. Ich habe zwei Dachschiefer aus einer der obersten Abtheilungen des devonischen Systems in *Westphalen* analysirt, und darin 25 bis 26 p. C. kohlensauren Kalk gefunden. Es ist kaum zu bezweifeln, die Thonschiefermasse ist gleichzeitig mit dem kohlensauren Kalk aus dem Meer abgesetzt worden. Während also das Meer durch die Thonschiefertheilchen getrübt war, wurde die kohlensaure Kalkerde durch organische Thätigkeit nie-

dergeschlagen. Korallenthiere, welche nur im klaren Wasser ihre Bänke bauen, können also jenen kohlensauren Kalk nicht zur Fällung gebracht haben.

Keine der Bedingungen, unter welchen Abscheidung des kohlensauren Kalk aus Gewässern erfolgt, findet im offenen Meere statt. Aus *Carlsbad's* heifsen Quellen, welche 3mal so viel kohlensauren Kalk als das Meerwasser enthalten, scheidet sich der Sprudelstein ab, weil das Wasser bei seiner hohen Temperatur von 60° R. die Kohlensäure, welche das Carbonat in Auflösung hält, unter dem gewöhnlichen Luftdrucke nicht zurückhalten kann. Aus kalten Quellwassern setzt sich der kohlensaure Kalk als Kalksinter ab, wenn sie stagniren, und Kohlensäure und Wasser sich allmälig verflüchtigen. Stagniren sie nicht, fliefsen sie rasch ab, gelangen sie in Bäche und Flüsse, wo sie durch deren Gewässer verdünnt werden: so kann kein Absatz erfolgen.

Einfache Beobachtungen, welche gewöhnliche Brunnenwasser zulassen, zeigen, welche Bedingungen im Meere stattfinden müfsten, wenn sich aus demselben kohlensaurer Kalk absetzen sollte.

Der Brunnen im hiesigen chemischen Laboratorium, welcher, wie alle in *Bonn*, sein Wasser vom *Rhein* empfängt, hält 0,0275 Proc. kohlensauren Kalk, mithin ungefähr $2^3/_4$mal so viel als das Meerwasser.

Um zu ermitteln, bei welchem Grade der Concentration, durch Verdunstung in gewöhnlicher Lufttemperatur die Ausscheidung kohlensauren Kalks aus diesem Brunnenwasser erfolgt, wurden 10000 Gran der freiwilligen Verdunstung der Monate vom Febr. bis April in einem ungeheizten Zimmer ausgesetzt. Nach zwei Monaten hatte das Wasser angefangen, sich etwas zu trüben und nach drei Monaten hatte die Trübung so weit zugenommen, dafs eine quantitative Bestimmung des Niederschlags vorgenommen werden konnte. Innerhalb dieser Zeit verdunsteten 3236 Gr. Wasser; der Rückstand betrug daher 6763 Gr. Am Glase hatte sich ein Rand kohlensauren Kalks krystallinisch abgesetzt. Die ganze Menge dieses und des im Wasser schwebenden kohlensauren Kalks betrug 1,06 Gr. und die im abfiltrirten Wasser zurückgebliebene Quantität 1,05 Gr. Mit

jenem kohlensauren Kalk hatten sich auch 0,18 Gr. Kieselsäure abgesetzt. Auch die beiden Kalk-Niederschläge gaben mit Salzsäure eine durch Kieselsäure etwas getrübte Auflösung.

Vom Meerwasser würden ungefähr 0,75 verdunsten müssen, ehe sich dieses Carbonat abscheiden könnte. Wenn aber davon ungefähr 0,375 verdunstet, so beginnt schon die Ausscheidung des schwefelsauren Kalk. Wären daher die sedimentären Kalksteine durch Verdunstung von Meerwasser entstanden: so müfsten sie mehr schwefelsauren als kohlensauren Kalk enthalten, welches keineswegs der Fall ist.

Dafs eine Verdunstung, wodurch die Masse eines Meeres bis auf $^1/_4$ concentrirt würde, nur in eingeschlossenen Meeren stattfinden könnte, ist von selbst klar. Auch in einem mit dem *Weltmeer* durch eine Meerenge communicirenden Meer könnte sie noch gedacht werden, wenn, wie z. B. beim *Mittelländischen Meer*, eine beständige Zuströmung aus dem *Weltmeer* stattfände und die Verdunstung mehr als die Zuflüsse betrügen.

Als ich Meerwasser aus dem Kanal zwischen *England* und *Belgien* kochte, fing es an sich zu trüben, nachdem 17,13 p. C. verdunstet waren. Durch die Verdunstung in gewöhnlicher Temperatur könnte natürlich diese Trübung selbst dann nicht erfolgen, wenn bis zur Verflüchtigung einer solchen Menge Wassers der Zuflufs der Flüsse und der Meteorwasser aufhörte: denn es ist nicht die Concentration des Wassers, sondern die Verflüchtigung der halbgebundenen Kohlensäure nach anhaltendem Sieden, wodurch die Abscheidung der kohlensauren Kalkerde erfolgt. Da ich in 10000 Th. dieses Meerwassers 0,57 Th. kohlensauren Kalk fand, und diese Menge ungefähr $^1/_{18}$ dieses Carbonats in einer mit kohlensaurem Kalk gesättigten Auflösung ist: so würde, sofern sich bei der Verdunstung in gewöhnlicher Temperatur, nichts von der Kohlensäure verflüchtigte, welche den kohlensauren Kalk in Auflösung hält, die Abscheidung desselben erst beginnen, wenn $^{17}/_{18}$ Wasser verdunstet wären. Jenes Meerwasser enthält aber 5mal so viel Kohlensäure, als zur Auflösung der kohlensauren Kalkerde und kohlensauren Magnesia erforderlich ist.

Der Versuch bestätigte jene Schlüsse. Als ich das genannte Meerwasser der Verdunstung in gewöhnlicher Temperatur überliefs, zeigten sich Gypskrystalle erst, nachdem 0,75 Wasser verdunstet waren. Die dünne Salzkruste, welche sich an den Wänden des Gefäfses abgesetzt hatte, brauste nicht im mindesten mit Säuren. Bei weiterem Verdunsten schieden sich noch mehr Gypskrystalle ab, und hierauf auch Kochsalzwürfel. Eine Trübung des Wassers durch ausgeschiedenen kohlensauren Kalk zeigte sich aber auch jetzt nicht. Erst nachdem der trockne Rückstand wieder in einer geringen Menge Wassers aufgelöst wurde, war die Flüssigkeit etwas getrübt durch den darin schwebenden kohlensauren Kalk und Kieselsäure.

Ist aber nöthig, dafs so bedeutende Wassermassen verdunsten, damit sich kohlensaurer Kalk abscheidet? — Kann dies nicht durch Verflüchtigung der Kohlensäure mit dem verdunstenden Wasser erfolgen? — In diesem Falle würde indefs der abgeschiedene kohlensaure Kalk in der freien Kohlensäure der tieferen Meeresschicht sogleich wieder aufgelöst werden.

Der Annahme, das Meerwasser habe zur Zeit der Bildung der grofsen Kalklager vom Uebergangskalkstein an bis zur Kreide mehr kohlensauren Kalk enthalten, als jetzt, und die Zunahme der Kalksteinbildung in dieser Periode sei eine Folge der Abnahme dieses Carbonats im Meerwasser, steht entgegen, dafs dann unmöglich eine Flüssigkeit hätte zurückbleiben können, welche so weit vom Sättigungspunkte absteht, wie das heutige Meerwasser; denn alle Niederschläge, welche aus einer Auflösung durch Verdunstung erfolgen, lassen eine gesättigte Auflösung zurück.

Von allen Seiten zeigt sich daher die Annahme, unsere grofsen Kalkgebirge vom Grauwackenkalkstein bis zur Kreide seien durch Verdunstung des Meerwassers erfolgt, gänzlich unstatthaft.

Wie heut zu Tage, so führten auch in der ganzen sedimentären Periode die Flüsse ununterbrochen fort kohlensauren Kalk dem Meere zu. Nicht blos die älteren Kalksteinlager, welche sich bereits aus dem Meere erhoben hatten, sondern auch die krystallinischen Gebirge lieferten, in Folge allmäliger Zersetzung ihrer kalkhaltigen Silicate

durch die atmosphärische Kohlensäure, dieses Carbonat den Flüssen. Es gibt wohl kein Flufswasser, welches weniger kohlensauren Kalk enthielte, als das Meerwasser; manches enthält 4mal so viel kohlensauren Kalk als dieses.

An der Mündung mehrerer Flüsse werden Sand und Gerölle im Meere durch kohlensauren Kalk zu harten Gesteinen cementirt, auch mächtige Kalklager abgesetzt. Wo sich in den Delta's der Flüsse bei niederem Wasserstande Lachen bilden, deren Wasser in heifser Jahreszeit völlig verdunstet, sind die Verhältnisse zum Absatze des kohlensauren Kalk besonders günstig. Diese Lachen füllen sich wieder bei hohem Wasserstande, um abermals in heifser Jahreszeit zu verdunsten. Durch diesen oft wiederholten Wechsel erreichen die Kalkabsätze immer gröfsere Mächtigkeit.

Lyell [1]) erinnert, dafs das süfse Wasser, welches durch Flüsse zugeführt wird, wegen seines geringern specifischen Gewichtes als das Seewasser, über dem letztern wegfliefst, und auf eine beträchtliche Entfernung auf der Oberfläche bleibt. Es ist demgemäfs einer grofsen Verdunstung ausgesetzt und kohlensaurer Kalk wird abgelagert [2]). Dafs die neue Ablagerung in dem Delta der *Rhone* wenigstens grofsentheils aus unzusammenhängenden Massen besteht, ist vollkommen dargethan. In dem Museum zu *Montpellier* befindet sich eine Kanone, welche aus dem See in der Nähe der Mündung des Flusses aufgefischt wurde, ganz in einen krystallinischen Kalkblock eingeschlossen.

Auch da, wo sich an den Meeresküsten keine Flüsse münden, wo aber durch heftige Winde das hoch gehende Meer weit in das Land hineingeführt, und bei dessen Rücktritte Meerwasser in Vertiefungen eingeschlossen wird, bewirkt die Verdunstung des Meerwassers Kalkabsätze, die sich bei häufigem Wechsel zwischen erneuertem Zu-

---

1) Principles of Geology. Seventh Ed. p. 259.

2) Es ist übrigens zu bemerken, dafs auch der gröfste Gehalt an kohlensaurem Kalk im Rhonewasser (S. 272) nur $^1/_7$ von dem beträgt, welches das mit diesem Carbonat gesättigte Wasser enthält. Es mufs daher eine bedeutende Menge des Rhonewassers verdunsten, ehe sich kohlensaurer Kalk abscheiden kann.

tritt und Verdunstung des Meerwassers vermehren. Ueberall an den Küsten in heifsen Zonen, wo durch Verdunstung mehr Wasser fortgeführt als durch Winde und Strömungen frisches Wasser zugeführt wird, werden sich solche Absätze zeigen. Von besonderem Interesse ist von Buch's [1]) Beschreibung der sich noch täglich am Meeresufer zwischen der Stadt *las Palmas* auf der *Canarischen* Insel *Gran Canaria* und der kleinen Insel *Isleta* sich bildenden Conglomerate (vgl. S. 507).

Um einen Maafsstab zu erhalten, was Muschelthiere durch ihre organische Thätigkeit vermögen, bestimmte ich die Gewichte von zehn Austern und ihren Schalen. Nachdem dieselben geöffnet worden, wurde das eingeschlossene Meerwasser so viel wie möglich entfernt; gleichwohl mufste das Gewicht der Thiere etwas zu hoch bestimmt werden, da dieselben nicht ausgetrocknet wurden. Das Gewicht der Schalen stieg vom 2,78fachen bis zum 7,57fachen von dem der Austern.

Niemand kann zweifeln, dafs es nur allein der im Meerwasser aufgelöste kohlensaure Kalk sein kann, welcher das Material zur Bildung der Austern-Schalen liefert[2]).

Setzen wir wiederum $\frac{1}{10000}$ neutralen kohlensauren Kalk als mittleren Gehalt des Meerwassers, und nehmen wir an, dafs die Austern allen kohlensauren Kalk durch organische Thätigkeit dem Wasser entziehen können: so ergibt sich, dafs vorstehende Austern zur Bildung ihrer Schalen 345 bis 587

[1]) Physikalische Beschreibung der *canarischen* Inseln. 1825. S. 258. Auch S. 260 u. 302.

[2]) Wir haben schon bemerkt, dafs die in einem Jahre durch den *Rhein* dem Meere zugeführte Menge kohlensaurer Kalk 332539 Millionen solcher Austern das Material für ihre Schalen liefern würde. Ungeheure Mengen von Schalthieren können daher jährlich im Meere entstehen, ohne dafs das Meerwasser von seinem kohlensauren Kalk etwas zu verlieren braucht.

Forchhammer hält es (nach gefälligen mündlichen Mittheilungen) für wahrscheinlich, dafs die Muschelthiere den schwefelsauren Kalk im Meerwasser durch kohlensaures Ammoniak, welches sie in ihrem Organismus bilden, zersetzen. Sollte aber nicht auch eine Zersetzung des schwefelsauren Kalk durch die organische Materie der Seethiere, wodurch sich Schwefelcalcium bildete, das durch Kohlensäure zersetzt würde, als möglich gedacht werden?

Pfund oder 5,2 bis 8,9 Cubikfufs Meerwasser verbrauchten. Diese Wassermengen betragen das 27760- bis 75714fache von dem Gewichte der Austern.

Nach diesen Resultaten erscheinen die Austern gleichsam als Pumpwerke von einer aufserordentlichen Thätigkeit und Ergiebigkeit. Es ist auch bekannt, dafs bei den Muschelthieren überhaupt eine beständige Wasserströmung von hinten nach vorn innerhalb des Mantels stattfindet. Sollte, was wahrscheinlich ist, durch die organische Thätigkeit dieser Thiere nur ein Theil des kohlensauren Kalk aus dem Meerwasser abgeschieden werden: so würden sich jene Wassermengen noch bei weitem mehr vergröfsern.

Diese Wasserströmung in den Austern erscheint uns erstaunungswürdig, wenn wir sie mit den Getränken vergleichen, welche durch den Körper der Menschen gehen. Durch den Organismus eines Menschen von 150 Pfd. Gewicht gehen, wenn er selbst 5 Pfd. Flüssigkeit täglich und während einer Lebensdauer von 75 Jahren zu sich nähme, doch nur das 912,5fache Gewicht seines Körpers an Getränk, also nur $^1/_{30}$ bis $^1/_{83}$ von dem Meerwasser, welches durch die Austern gegangen ist. Wenn auch die Austern eine ziemlich lange Lebensdauer haben: so bilden sich doch wohl ihre Schalen in wenigen Jahren, vielleicht in noch kürzerer Zeit. Wird überdies nur ein geringer Theil des kohlensauren Kalk im Meerwasser, welches durch sie strömt, zur Bildung der Schale verwendet: so kann es leicht sein, dafs in den Austern eine Wasserströmung stattfindet, welche mehrere hundert, ja mehrere tausend Mal so viel beträgt, als das Getränk, welches der Mensch in gleicher Zeit zu sich nimmt [1]).

Die Menge kohlensauren Kalks, welche nur allein die Austern jährlich aus dem Meere abscheiden, ist eine nicht unbedeutende Gröfse; es gibt Austernbänke von grofser Ausdehnung. Besitzen die Korallen und die übrigen kalkabscheidenden Thiere nur eine solche organische Kraft, wie die Austern: so begreifen wir, welche Quan-

[1]) Kröyer (Edinb. n. phil. Journ. 1840. No 57. p. 24) sagt, dafs ein flacher, fester Boden in einer Tiefe von fünf bis fünfzehn Faden, wo die Strömung nicht zu heftig ist, sich am besten für die Entwicklung der Austern eignet; zu starke Strömung führt die Brut fort.

titäten kohlensauren Kalks dem Meere durch diese Thiere alljährlich entzogen, und welche Bauten von den ersteren aufgeführt werden können.

Die freie Kohlensäure im Meerwasser sollte vermuthen lassen, dafs die Schalen und Muscheln der Seethiere alsbald nach deren Tode wieder aufgelöst werden würden. Ihr Vorkommen in den sedimentären Formationen, die Bildung der Kalksteine im Meere, besonders die der Korallenbänke zeigen aber, dafs die durch organische Thätigkeit erzeugten Kalkgebilde dieser Auflösung im hohen Grade widerstehen. Was ist es nun, das diese Auflösung so sehr erschwert?

Als frische Austerschalen mit destillirtem Wasser übergossen und 24 Stunden lang mit Kohlensäure behandelt wurden, hatten 1000 Th. mit Kohlensäure gesättigtes Wasser

von Austerschalen in dünnen Lamellen von der innern Seite	0,028 Th.
von gepülverten Austerschalen von der innern Seite	0,16 „
von den Splittern an der Aufsenseite der Austerschalen	0,07 „

aufgelöst.

Die Lamellen von der innern Seite der Schalen forderten 36mal so viel kohlensaures Wasser, als die Kreide, und 100mal so viel, als der aus einem Kalksalze niedergeschlagene kohlensaure Kalk, die Splitter von der Aufsenseite 14mal so viel, als die Kreide und 40mal so viel als der künstliche kohlensaure Kalk zur Auflösung. Die innere, die Auster umschliefsende Seite ist daher noch schwerlöslicher, als die Aufsenseite. Eine krystallinische Beschaffenheit des kohlensauren Kalk hat keinen wesentlichen Einflufs auf seine Auflöslichkeit; denn von gepülvertem Kalkspath lösten 1000 Th. mit Kohlensäure gesättigtes Wasser 0,32 Th., mithin 15mal so viel, als von den Austerschalen in Lamellen auf. Ohne Zweifel ist es die thierische Materie, welche die Austerschalen so schwerlöslich macht.

Quenstedt[1]) bemerkt, dafs nach Behandlung einer

---

[1]) Petrefactenkunde Deutschlands. Bd. I. Abth. I S. 6.

frischen Muschel mit verdünnter Salzsäure eine Gallertmasse von der Form derselben zurückbleibt, und dafs Muscheln der vorhistorischen Zeit mit Säuren viel stärker brausen, als die lebender Thiere, und dafs diese, wie bekannt, nach der Auflösung keine Gallerte zurücklassen.

Als ich eine frische Austerschale in Wasser legte und von Zeit zu Zeit einige Tropfen Salzsäure zusetzte, so dafs die Kohlensäureentwicklung 2 Tage lang fortdauerte, beobachtete ich folgende Erscheinungen. Wo die Auster an die Schale angewachsen war, löste die Säure den kohlensauren Kalk so vollständig auf, dafs hier blos thierische Membranen zurückblieben. Die inneren Membranen zeigten noch die Oeffnung, welche durch Wegnahme des Thiers mit dem Messer entstanden war, und durch welche die Säure eingedrungen ist. Am Schlosse und an der Stelle, wo die Schale am dicksten ist, hatten sich die Membranen nur wenig von der Kalkmasse abgelöst, und bei weitem der gröfste Theil der letzteren war noch vorhanden. Durch diese Stelle wurde ein Loch gebohrt und die Schale abermals in verdünnte Salzsäure gelegt. Aus diesem Loche stiegen fortwährend Kohlensäureblasen auf, weil hier die Säure in das Innere der Schale dringen konnte. An den übrigen Stellen zeigten sich zwar auch viele Gasblasen; sie staken aber so fest zwischen den Membranen, dafs nur selten hier und da ein Bläschen aufstieg. Manche blieben zwischen denselben völlig eingeschlossen und bliesen die Membranen so auf, dafs sie Blasen von mehreren Linien Durchmesser bildeten. Platzten sie endlich, so erhob sich mit der Gasblase ein dünnes fadenförmiges Häutchen, welches sich manchmal losrifs und auf die Oberfläche der Flüssigkeit kam. Diese Häutchen waren zum Theil hohl; denn sie schlossen bisweilen kleine Gasbläschen ein. Mehrere von den gröfseren Gasblasen, welche eingeschlossen blieben, brachte ich durch einen Nadelstich zum Aufsteigen. Manche dieser Gasblasen bewegten sich zwischen den Membranen fort, wenn dieselben eine geneigte Lage hatten. Nachdem aller Kalk durch die Säure ausgezogen worden, blieb eine der Auster sehr ähnliche Masse zurück, welche durch und durch mit Gasblasen erfüllt war.

Erhitzt man eine Austerschale bis zur Verkohlung der

thierischen Materie: so erscheint die Schale an der Stelle, wo das Thier angewachsen war, am meisten geschwärzt. Hier ist daher die gröfste Menge thierischer Materie angehäuft. Auch das Schloss, wo sich die Muskeln zum Oeffnen und Schliefsen der Schalen befinden, erscheint stark geschwärzt.

Jene Gasblasen zeigen die Stellen an, wo der kohlensaure Kalk zwischen den Membranen eingeschlossen war. Der Wechsel zwischen diesen Kalklagen und Membranen scheint sich sehr oft zu wiederholen, wie die überaus dünnen Splitter, welche sich aus den Schalen absondern lassen, darthun. Durch die sehr engen Kanäle zwischen den Membranen circulirt ohne Zweifel das von der Auster aufgenommene Meerwasser und setzt darin, wahrscheinlich in Folge einer Contactwirkung, den aufgelösten kohlensauren Kalk ab.

Man begreift sonach, wie dieser eingeschlossene kohlensaure Kalk durch die Membranen gegen Auflösungsmittel, und namentlich gegen so schwache wie das Meerwasser, geschützt wird. Wenn selbst Salzsäure, obgleich deren Eindringen durch das sich entwickelnde, und die Membranen zersprengende Kohlensäuregas befördert wird, die Muscheln so schwierig und langsam auflöst: so wird die Wirkung der geringen Menge Kohlensäure im Meerwasser, welche durch diesen Umstand nicht unterstützt wird, fast Null sein.

Dafs die Austerschalen in Lamellen schwerlöslicher sind, als gepülvert, rührt davon her dafs sie noch in den Membranen eingeschlossen sind, und daher nur an den Kanten Berührungspunkte darbieten. In der ganz unversehrten Muschel sind aber schwerlich von den Membranen entblöfste Stellen. Auf das einfache und nothwendige Verhältnifs, dafs die Seethiere aus dem Meerwasser kohlensauren Kalk in Gefäfsen abscheiden, welche unlöslich im Wasser sind, ist demnach die Möglichkeit der Bildung sedimentärer Kalksteine gegründet. Da die wahren und einflufsreichen Steinkorallen den weichen Thierkörper aufserhalb tragen, und das baumartige Steingerüst die inneren Knochen oder den untern Fufs bilden (S. 576), so scheint

auch bei diesen Meerthieren der kohlensaure Kalk durch die thierische Materie geschützt zu sein.

Es ist eine bewundernswerthe Circulation, welcher der kohlensaure Kalk unterworfen ist. Die Meerthiere scheiden ihn aus dem Meere ab und schützen ihn durch ihre organische Materie gegen die auflösende Kraft des Meerwassers. Sie bilden auf diese Weise Kalksedimente, die durch Hebung über die Meeresfläche kommen. Die organische Materie wird nach und nach zerstört, der kohlensaure Kalk wird wieder löslich, Meteorwasser mit ihrem geringen Gehalte an Kohlensäure lösen ihn auf, führen ihn fort und so kommt er abermals in das Meer, um auf's Neue in dieselbe Circulation zu treten.

Auch Landschnecken mögen manchmal Kalk-Absätze veranlafst haben. So findet sich zu *Caniçal* auf *Madeira* ein Absatz in einem auf vulkanischem Tuff geschichteten Sandlager, in welchem sehr viele Landschneckenschalen, oft 3 bis 4 F. über einander gehäuft, vorkommen. Nach Schweizer[1]) besteht er aus

Kohlensaurem Kalk	84,29
„ Magnesia	5,48
Phosphors. Erden	1,00
Stickstoffh. org. Substanz	4,66
Wasser	2,41
Sand	1,48
	99,32

Beachtet man die phosphorsauren Salze, so wie den bedeutenden Gehalt an stickstoffhaltiger organischer Substanz von schleimiger Beschaffenheit: so liegt die Vermuthung nahe, dafs jene massenhaften Anhäufungen von Landschnecken das Material zur Bildung des Gesteins geliefert haben.

Gäbe es im Meere keine Kalkgehäuse bauenden Thiere: so würde sich nach und nach der durch die Flüsse ihm zugeführte kohlensaure Kalk so häufen, dafs endlich eine Abscheidung auf chemischem Wege erfolgen müfste. Ein solcher Fall kann möglicher Weise in jener frühen Periode unserer Erde stattgefunden haben, in der es noch

---

[1]) Aus den Mittheilungen der naturf. Ges. in Zürich. 1854 No. 104.

kein Thierreich gab. Führten die Flüsse damals, wie jetzt, dem Meere kohlensauren Kalk zu, oder zersetzte das Meerwasser, wenn damals noch kein festes Land und keine Flüsse vorhanden waren, Kalksilicat haltende Gesteine auf dem Meeresgrunde, und löste kohlensauren Kalk auf: so mufste endlich ein Sättigungszustand und über diesen hinaus eine Abscheidung des Kalkcarbonat auf chemischem Wege eintreten. Konnte es damals keine Kalkgebirge geben: so fehlte es dennoch nicht am Materiale; denn die Kalksilicate haltenden Gesteine sind es, von denen aller kohlensaure Kalk auf Erden abzuleiten ist.

Nach dem gegenwärtigen Standpunkte der Wissenschaft ist jener Weg der einzig denkbare einer Bildung sedimentärer Kalksteine ohne organische Thätigkeit. Von solcher Bildung konnten die sogenannten Urkalklager in den versteinerungsleeren Schiefern sein. Der Graphit und die stets durch organische Ueberreste bedingte dunkelgraue Farbe dieses kohlensauren Kalks würde dann einem, dem Auftreten des Thierreichs vorausgegangenen und untergegangenen Pflanzenreiche zuzuschreiben sein. Die nach der chemischen Bildung sedimentärer Kalksteine im Meere erschienenen Muschelthiere würden ein mit kohlensaurem Kalk gesättigtes Meerwasser zur Kalkschalen-Bildung vorgefunden haben. Dieses reiche Material würde den ersten Kalksteinen, den beträchtlichen und weit verbreiteten Grauwackenkalkstein-Lagern, deren Entstehung den Resten von Conchylien und Zoophyten zugeschrieben wird, Ursprung gegeben haben. Dadurch würde der kohlensaure Kalk im Meerwasser nach und nach vermindert worden und endlich bis zu der noch gegenwärtig vorhandenen Menge herabgekommen sein.

Es schien, als wenn die der Kalkerde so ähnliche Magnesia gänzlich untauglich zu den Skeletten der Infusionsthierchen wäre. Man hatte wenigstens früher in Infusorienschalen diese Erde nicht finden können [1]). Seitdem hat aber Forchhammer [2]) in Kalksteinen, welche von organischen Wesen herrühren, kohlensaure Magnesia

[1]) I. Aufl. Bd. I. S. 982.

[2]) Journ. für pract. Chemie. Bd. XLIX. S. 52.

nachgewiesen. Diese Mengen können indeſs, wenn man sie mit denen im Meere und mit den bedeutenden Quantitäten kohlensauren Kalk, die durch organische Thätigkeit abgeschieden werden, vergleicht, nicht ein Aequivalent von der dem Meere zugeführten kohlensauren Magnesia sein.

Die geringen Mengen Magnesia [1]) oder deren gänzliche Abwesenheit in Bildungen der Organismen ist damit in Uebereinstimmung, daſs diese Erde sich nur in geringer Menge in den festen und flüssigen Theilen der Thiere, und in viel geringerer als die Kalkerde findet. Dagegen übertrifft die Menge der Magnesia in den fucusartigen Meerespflanzen, in denen sie, nach Forchhammer, durchschnittlich mehr als 1 Proc. von der getrockneten Pflanze beträgt, die der Kalkerde [2]). Dadurch werden also bedeutende Quantitäten Magnesia in den Schichten, welche die unorganischen Rückstände dieser Pflanzen aufnehmen, abgesetzt. So theilt sich das Pflanzen- und Thierreich im Meere in diese beiden Erden. Beide Reiche vereinigen sich aber darin, den Ueberfluſs dieser Erden, welcher dem Meere zugeführt wird, wieder zu Bildungen des Mineralreichs zu verwenden.

So wie auf eine bewundernswürdige Weise das organische Leben die relativ geringen Mengen kohlensauren Kalks im Meerwasser, welche die bekannten chemischen Processe nicht mehr ausscheiden können, in den Korallen und in den Muschelschalen zum Absatze bringt: so ist es dasselbe organische Leben, welches auch Kieselsäure dem Meere entzieht. Ehrenberg's wichtige Entdeckungen [3])

---

[1]) Die kieselsaure Magnesia scheint sich wie die kohlensaure Magnesia zu verhalten; denn jene findet sich als Versteinerungsmittel von Pflanzenresten. Es ist mir aber nicht bekannt, daſs kieselsaure Magnesia als Versteinerungsmittel von thierischen Ueberresten vorkommt.

[2]) Silliman d. J. fand jedoch im dichten Korallenkalk 38,07 Proc. kohlensaure Magnesia. Ein anderes aus Trümmern von Korallen bestehendes Gestein gab 5,29; in frischen Korallen fand er weniger als 1 Proc. Jahresber. 1847—1848. S. 1291.

[3]) Ueber das kleinste Leben im Ocean, eine in der Akad. der Wissenschaft zu Berlin am 9. März 1844 gehaltene Vorlesung. Vergl. v. Humboldt's Kosmos Bd. I. S. 369.

weisen nicht nur ein unsichtbar kleines, mikroskopisches, ununterbrochen thätiges Leben selbst in der Nähe beider Pole, da wo längst das gröfsere nicht mehr gedeiht, nach; sondern die mikroskopischen Lebensformen des *Südpol-Meeres*, auf der antarctischen Reise des Capitain James Rofs gesammelt, enthalten sogar einen ganz besondern Reichthum bisher ganz unbekannter Bildungen. Selbst im Rückstande des geschmolzenen, in rundlichen Stücken umherschwimmenden Eises, unter einer Breite von 70° 10′, wurden über fünfzig Arten kieselschaliger Polygastren, ja Coscinodisken, mit ihren grünen Ovarien, also sicher lebend und gegen die Extreme strenger Kälte glücklich ankämpfend, gefunden. In dem Golf des *Erebus* wurden mit dem Senkblei in 1242 bis 1620 Fufs Tiefe 68 kieselschalige Polygastren und Phytolitharien, und mit ihnen nur eine einzige kalkschalige Polythalamia, heraufgezogen.

Nicht minder finden wir in den Eismeeren der hohen alpinischen Regionen eine unzählbare Menge noch wenig bekannter Organismen. So sind, nach den Untersuchungen von Ch. Vogt und Bassnitz Protococcus-Sporen das färbende Princip in dem auf den Gletschern so häufigen rothen Schnee. Das Wasser der Gletscher enthält auch eine sehr grofse Varietät von noch nicht bestimmten Kryptogamen. Man wird später wahrscheinlich eine Gletscher-Flora kennen lernen. Desor hat zuerst die Existenz der Gletscher-Flöhe (Desoria glacialis) dargethan. Man findet sie auf der ganzen Ausdehnung der Oberfläche. Es reicht hin, auf dem Aargletscher den ersten besten Stein von der mittlern Moraine aufzunehmen, um Myriaden von ihnen zu entdecken. Diese kleinen Insecten sind so zahlreich im Eise, dafs sie seine Farbe ins Schwarze ziehen.

Die bisher beobachteten oceanischen mikroskopischen Formen sind in weit überwiegender Menge die kieselschaligen. Der Ocean ist aber nicht blos an einzelnen Punkten und in Binnenmeeren, oder in der Nähe der Küsten mit solchen Lebens-Atomen dicht bevölkert; nach den von Schayer auf seiner Rückreise aus *Vandiemensland* geschöpften Wasserproben (südlich vom *Vorgebirge der guten Hoffnung* in 57° Breite, wie mitten unter den Wendekreisen im *Atlantischen* Meere) kann man für erwiesen annehmen,

dafs der Ocean in seinem gewöhnlichen Zustande, ohne besondere Färbung, ohne fragmentarisch schwimmende, den Oscillatorien unserer süfsen Wasser ähnliche Filze kieselschaliger Fäden der Gattung Chartoceros, bei klarster Durchsichtigkeit zahlreiche mikroskopische selbstständige Organismen enthalte. Einige Polygastren von den *Cockburn*-Inseln, mit Pinguin-Excrementen und Sand gemengt, scheinen über die ganze Erde verbreitet, andere sind beiden Polen gemeinsam.

Dafs die Kieselsäure, woraus diese Organismen ihre Kieselschalen bauen, im Meerwasser aufgelöst und nicht darin schwebend ist, wie man anzunehmen geneigt war, würde selbst dann nicht zweifelhaft sein, wenn sie nicht im wirklich aufgelösten Zustande darin aufgefunden worden wäre.

Nach Ehrenberg's Untersuchungen und Berechnungen bilden sich in dem Schlamme, welcher sich im Hafen von *Wismar* am *baltischen* Meere absetzt, jährlich 17496 Cub. Fufs kieseliger Organismen. Sehr bedeutende Quantitäten bilden sich gleichfalls im *Pillauer* Hafen.

Wenn solche Infusorien-Bildungen auf Kosten der geringen Menge Kieselsäure im Meerwasser jetzt noch von Statten gehen: so ist kein Grund vorhanden, gröfsere Quantitäten dieser Säure im früheren Meere und in Süfswasser-Seen anzunehmen. Bedenkt man, dafs diese kieseligen Bildungen Erdschichten von vielen Klaftern Mächtigkeit und von meilenweiter Ausdehnung zusammensetzen: so leuchtet von selbst ihre geologische Bedeutung ein[1]).

Wir sehen, wie durch die Wirkung des Organismus die in den geringsten Quantitäten im Meere vorkommenden Substanzen zur Abscheidung kommen, und wie die Natur sich dieses Mittels bedient, um da, wo unorganische Processe nicht oder kaum mehr wirken können, noch sedimentäre Bildungen hervorzurufen. Den phosphorsauren Kalk und das Fluorcalcium des Meerwassers scheiden die Ko-

[1]) Die Kieselinfusorien bilden einen handdicken moderartigen Ueberzug der stehenden Gewässer bei warmer Witterung. Obwohl mehr als 100 Millionen dieser Thierchen erst einen Gran wiegen, so sammelte doch Ehrenberg in einer Stunde fast 1 Pfund. Poggendorff's Ann. Bd XLI. S. 557.

rallenthiere mit dem kohlensauren Kalk ab; aus der aufgelösten Kieselsäure bilden die Infusorien ihre Kieselpanzer: Korallenbänke von unermeſslicher Ausdehnung, mächtige kieselige Erdschichten sind die Endresultate jener organischen Processe.

Unter den jüngsten Formationen sind es Bergmehl und Kieselguhr, unter den tertiären Polirschiefer, Saugschiefer und die Halbopale des Polirschiefers, welche ganz oder zum Theil aus den Schalen der Panzer-Infusorien bestehen[1]), unter den secundären Bildungen sind es viele, wahrscheinlich sämmtliche *europäische* Kreidefelsen, die aus mikroskopischen, dem bloſsen Auge meist ganz unsichtbaren, schneckenartigen Korallenthierchen mit Kalkschalen und aus anderen mit Kieselschalen von $\frac{1}{24}$ bis $\frac{1}{288}$ Linie Gröſse zusammengesetzt sind.

Die Spuren ähnlicher Verhältnisse sind, wie schon oben (S. 575) bemerkt wurde, in älteren sedimentären Kalksteinen verfolgt worden.

Manche Kreidemergel, wie z. B. im *Teutoburger Wald*[2]), enthalten, neben 26 Proc. kohlensaurem Kalk, 59 Proc. Kieselsäure. Zahlreiche feine, gerade Poren durchsetzen das Gestein nach allen Richtungen. Sie sind feiner als ein Haar, bis 3 Linien lang und wahrscheinlich die Räume, in denen die Nadeln von Amorphozoen vorhanden waren[3]). Hier scheint durch organische Thätigkeit gleichzeitig kohlensaurer Kalk mit Kieselsäure abgeschieden worden zu sein, wenn nicht eine Verdrängung jenes durch diese stattgefunden hat.

Unter den bekannt gewordenen Süſswasser-Bildungen erkannte Ehrenberg das unter *Berlin* befindliche, meist aus kieselschaligen Infusorien gebildete, oft noch lebendige Thierchen enthaltende Lager als das mächtigste, indem es das bisher durch seine Mächtigkeit von 28 Fuſs

---

[1]) Ebend. Bd. XXXVIII. S. 463.

[2]) A. Römer Norddeutsches Kreidegebirge. S. 122.

[3]) Die Amorphozoen scheinen eher den Pflanzen als den Thieren anzugehören. Von den Zoologen, wie von den Botanikern zurückgestoſsen, schwanken sie zwischen beiden Naturreichen. Bronn Handbuch einer Geschichte der Natur. Bd. III. Abth. II. S. 78.

sich auszeichnende Lager in der *Lüneburger Haide* um etwa das Dreifache übertrifft[1]).

Ehrenberg berechnet, dafs von den bisher unbekannten Polythalamien oder sogenannten Nautiliten in der Kreide oft über 1 Million auf jeden Cubikzoll, mithin über 10 Millionen auf ein Pfund Kreide kommen. Danach ist das Gewicht eines dieser Thierchen höchstens 0,000576 Gran. Nehmen wir jenes Gewicht für das seines Kieselpanzers, beträgt die Kieselsäure im Meerwasser $\frac{1}{33333}$, welches nach Forchhammer das Maximum in demselben ist: so fordert jene Menge Kieselsäure 19,2 Gran Meerwasser, wenn der ganze Gehalt desselben an Kieselsäure zur Bildung des Panzers verwendet wurde. So viel Meerwasser, ungefähr 19 Tropfen, nimmt einen grofsen Raum ein, wenn wir es mit der Wirkungssphäre eines $\frac{1}{24}$ bis $\frac{1}{288}$ Linie kleinen Infusionsthierchens, welches im Momente seiner Entwicklung noch viel kleiner ist, vergleichen. Ein solches Thierchen mufs also 33333mal so viel Wasser verschlucken, als es wiegt, sofern es alle Kieselsäure aus dem Meerwasser aufnimmt. Wenn aber, wie wahrscheinlich, nur ein kleiner Theil dieser Kieselsäure beim Durchgange durch den Organismus des Thierchens fixirt wird: so steigt dieses Vielfache vielleicht sehr bedeutend. Bedenkt man endlich die schnelle Entwicklung solcher Infusionsthierchen; setzen wir dafür 24 Stunden: so geht innerhalb dieser Zeit mindestens das 33333fache von ihrem Gewichte an Meerwasser durch ihren Organismus. Dies ist eben so viel, als wenn ein Mensch von 150 Pfund Gewicht in 24 Stunden 5 Millionen Pfund Wasser, d. i. nahe einen Cubikfufs in der Secunde — eine Quantität, womit man oberschlächtige Mühlräder treiben könnte — durch seinen Körper führte.

Die Infusionsthierchen sind daher gleichfalls mit Pumpwerken zu vergleichen, welche ununterbrochen fort Wasser aufsaugen, aus welchem sie, vermöge eines sehr kräftigen Secretions-Vermögens, diejenigen der darin gelösten Stoffe aufnehmen, die sie theils als Nahrungsmittel, theils zum Baue ihrer Panzer gebrauchen.

---

[1]) Poggendorff's Ann. Bd. LIV. S. 437.

Nach Ehrenberg's Untersuchungen[1]) stehen um den Mund dieser Thierchen Haare, welche einen Wimperkranz bilden (Strudelorgan oder Wirbelorgan, auch wohl Räderorgan), durch dessen Bewegung ein Strudel im Wasser gegen den Mund hervorgebracht wird, dessen nächster Zweck das Anziehen von Nahrungsmitteln zu sein, welcher zugleich aber auch zur Fortbewegung zu dienen scheint. Denselben Zweck, wie die Wimper, haben auch die peitschenförmigen Rüssel mehrerer Magenthiere, indem durch die Bewegung derselben ebenfalls ein Strudel im Wasser bewirkt wird. Wo man in diesen Thierchen innere Ernährungs- und Verdauungs-Organe ermittelt hat, da zeigen sie sich als mehrere blasenförmige Mägen, welche eine große Oberfläche für Aufnahme des Wassers und für Abscheidung seiner Bestandtheile darbieten.

Wir sehen, unvergleichbar größer sind die Wirkungen, welche die Natur durch mikroskopisch kleine Organismen hervorruft, als diejenigen wären, die sie durch größere Thiere erreichen könnte. Hier haben wir Minima, welche wirken und Maxima, die daraus hervorgehen. Mit dem geringsten Aufwande von wirkenden Mitteln werden die größten Wirkungen hervorgebracht; nirgends kann der Abstand zwischen der Geringfügigkeit der Mittel und der Großartigkeit der Wirkung größer, als bei den Kalk- und Kiesellager-bildenden Infusorien sein.

Mögen wir den Absatz der Kieselsäure in den Infusorien als eine rein chemische Wirkung, etwa hervorgerufen durch die bekannte Neigung dieser Säure, sich mit organischer Materie zu verbinden, oder als eine Contact-Wirkung der Organe dieser Thierchen betrachten; immer übersteigt es unsere Begriffe, wie in einer so kleinen Wirkungssphäre, wie die eines Infusionsthierchens ist, eine so große Menge Material in so kurzer Zeit verarbeitet werden kann.

In Geschöpfen, welche sich so außerordentlich schnell vermehren, wie die Infusionsthierchen, müssen aber alle Functionen mit einer ungewöhnlichen Intensität von Statten

---

[1]) Naturgeschichte der Infusionsthierchen, nach Ehrenberg's großem Werke über diese Thiere u. s. w. von Gravenhorst. 1844.

gehen. Nach Ehrenberg's Beobachtungen eines Räderthierchens (Hydotina senta) während 18 Tagen, ist ein solches Individuum in je 24 bis 30 Stunden, wenn die Umstände günstig sind, einer 4fachen Vermehrung fähig. Es kann in dieser Zeit 4 Eier entwickeln. Diese 4fache Vermehrung in der Zeit eines Tages gibt aber, wenn kein Hindernifs eintritt, und das einzelne Thierchen in 10 Tagen 40 Eier legt, in der 10ten Potenz, also am 10ten Tage, eine Million Individuen von einer Mutter, am 20sten Tage eine Billion, am 30sten Tage eine Trillion u. s. w. Obwohl diese Productivität der Räderthierchen die gröfste ist, welche in der Natur beobachtet wurde: so erreicht sie doch bei weitem nicht die der polygastrischen Infusorien. An Paramaecium Aurelia, welches $\frac{1}{12}$ Linie grofs und ebenfalls in mehrere Tage langer Lebensdauer von Ehrenberg mit Sicherheit beobachtet worden ist, hat er durch einfache Quertheilung binnen 24 Stunden die Verachtfachung eines Individuums beobachtet, was also die Möglichkeit des doppelten jener Vermehrung geben würde. Da aber diese Thiere, aufser der Theilung, auch sich durch Eier vermehren, und diese Eier nicht einzeln, sondern massenweise ausgeschieden werden, so ergibt sich hieraus eine mögliche, so ungeheure Vermehrung einzelner Individuen binnen 48 Stunden, dafs das Zählen aufhören mufs und man von Zahllosem sprechen kann[1]).

Die Natur, gleichsam ängstlich besorgt wegen des Aussterbens der Infusionsthierchen, welche von gröfseren Thieren als Nahrungsmittel millionenweise verschlungen werden, und die so vielen Zufälligkeiten ausgesetzt sind, verlieh diesen Thierchen diese aufserordentliche Productivität. In der That, diese Productionskraft ist gröfser, als das Material zur Production.

Setzen wir, wie vorhin, das Gewicht des kieseligen oder kalkigen Panzers eines Infusionsthierchens aus der Kreide 0,0005 Gran, und verfolgen wir die Vermehrung

---

[1]) Poggendorff's Ann. Bd. XXIV. S. 21. Neben dieser grofsen Productivität ist auch die aufserordentliche Lebensfähigkeit dieser Thierchen zu bewundern. Vgl. hierüber Ferd. Cohn in „Uebersicht der Arbeiten der schlesischen Gesellschaft für vaterl. Cultur“. 1849. S. 54.

jener Räderthierchen bis zum 30sten Tage, also bis zur 30sten Potenz: so erhalten wir eine Trillion Individuen von einer Mutter. Das Gewicht der kieseligen oder kalkigen Panzer dieser Trillion berechnet sich auf 65000 Millionen Pfund. Haben diese Panzer die Dichtigkeit des Kieselguhrs, ungefähr die des Wassers, so erhalten wir, wenn diese Zahl durch das Gewicht eines Cubikfufs Wassers dividirt wird, fast 1000 Millionen Cubikfufs. Ein einziges dieser Thierchen kann sich also innerhalb eines Monats so vermehren, dafs seine sämmtlichen Nachkommen mit ihren Panzern eine Kieselsäure-Schicht von einer Quadratmeile Fläche und ungefähr 1¾ Fufs Dicke bilden.

Wie Archimedes ausrief: „gib mir einen Standpunkt aufser der Erde und ich bringe sie aus ihren Angeln," so könnten wir ausrufen: „gib uns ein Panzerthierchen, und wir scheiden damit in kurzer Zeit allen kohlensauren Kalk und alle Kieselsäure aus dem Weltmeere ab."

Was wir oben (S. 581 ff.) in Beziehung auf die Abscheidung des kohlensauren Kalk aus dem Meerwasser durch Verdunstung bemerkt haben, gilt auch im Allgemeinen von der Kieselsäure, sofern sich die durch die Flüsse zugeführte auf diesem Wege ausscheiden sollte. Nicht unbeachtet darf bleiben, dafs sich aus jenem Brunnenwasser, (S. 581) nach Verdunstung eines Drittels des Ganzen, wirklich eine geringe Quantität Kieselsäure ausgeschieden hat. Aber auch hier treten die oben (S. 583) berührten Schwierigkeiten entgegen. Da Thatsachen vorliegen, dafs durch organische Thätigkeit ihre Ausscheidung erfolgt: so dürfte wahrscheinlich nur auf diesem Wege das Gleichgewicht wieder hergestellt werden.

Es ist eine weise Anordnung im Haushalte der Natur, dafs da, wo rein chemische Processe nicht mehr Scheidungen bewirken können, das organische Leben diese Rolle übernimmt. Mit dem geringsten Aufwande von Mitteln wird auf diese Weise unendlich viel erreicht. In das erste Panzerthierchen wurde die geheimnifsvolle Kraft niedergelegt, ohne Fällungsmittel und ohne Austausch von Bestandtheilen kohlensauren Kalk und Kieselsäure aus dem Meere abzuscheiden. Diese Kraft vererbte sich auf alle

Nachkommen jenes Thierchens, und wird sich so lange forterben, als dieselben existiren werden.

Wir haben schon darauf hingedeutet, dafs es vielleicht vorzugsweise die merkwürdige Verwandtschaft der organischen Materie zur Kieselsäure ist, welche die Ausscheidung derselben aus dem von den Panzerthierchen aufgenommenen Meerwasser möglich macht. Aber immer müssen wir diese Verwandtschaft unter die noch unergründeten Bedingungen stellen, welche wir Wirkungen der Lebenskraft nennen; denn im Meere sind Kieselsäure und organische Materie ebenso vorhanden wie in den Organen jener Thierchen, ohne dafs sich jedoch eine Reaction zwischen beiden zeigt.

In den Infusorien ist weder Magnesia noch eine andere Erde ein Begleiter der Kieselsäure. (Vergl. I. Aufl. S. 982.)

Ehrenberg[1]) unterwarf die Glaukonitkörner der tertiären Grünsande (Nummuliten-Kalk), nach Behandlung derselben mit schwacher Salzsäure, einer mikroskopischen Untersuchung, und erhielt nicht allein einzelne Steinkern-Glieder, sondern fast vollständige Steinkerne von Polythalamien. Später wies er solche Glaukonit-Polythalamien von der Tertiärepoche durch die Kreide, den Lias bis zu den tiefsten silurischen Schichten nach. Hinsichtlich einiger glaukonitischer Gesteine zeigte er, dafs alle in denselben vorkommenden Glaukonite entweder als Kerne einzelner Zellen oder als vollständige Steinkerne oder als Bruchstücke solcher Kerne enthalten seien. Von der Marck[2]) erhielt durch Behandlung des obersten Grünsandes in *Westphalen* mit Salzsäure einen glaukonitischen und quarzigen Rückstand, der zahlreiche kieselige Polythalamienreste enthielt.

Bailey[3]) hat Kalksteine verschiedener Formationen *Nordamerika's* mehr oder weniger reichlich aus Polythalamien-Kernen zusammengesetzt gefunden. Auch der ge-

---

[1]) Berl. Akad.-Berichte. 1854. S. 374. 384; 1855. S. 86. 172.

[2]) Verhandl. des naturhist. Vereins der pr. Rheinlande u. s. w. Jahrg. XII. S. 259.

[3]) Jahrb. f. Mineral. 1857. S. 91

genwärtige Meergrund zeigt an manchen Orten ganz dieselbe Zusammensetzung, wie die nähere Prüfung mehrerer Proben schwarzen Sandes aus dem *Golfstrome* und aus dem *mexikanischen Golf* beweisen, wo die Sandkerne nichts weiter als verschiedenfarbige Kammer-Kerne von Polythalamien sind, welche ganz aus denselben Stoffen, wie im älteren Grünsand bestehen, übrigens auch mit kleinen Mollusken, ästigen Röhrchen u. dergl. gemengt sind.

Wir werden später sehen (Kap. XXV), dafs Grünerde aus Gewässern, welche die Silicate derselben in Lösung enthalten, abgesetzt werden kann. Dafs im Meerwasser Silicate, welche nicht von der Kohlensäure zersetzt werden, aufgelöst sein müssen, kann nicht bezweifelt werden; denn die Flüsse führen die Zersetzungsproducte der Gesteine, unter denen sich Silicate befinden müssen (S. 284), dem Meere zu, und die Zersetzungsproducte der die felsige Meeresküste der Continente und der Inseln begrenzenden Gesteine gelangen unmittelbar in das Meer. Dem Glaukonit fehlen Kalksilicate, also gerade diejenigen Silicate, welche nicht in dem freie Kohlensäure enthaltenden Meerwasser aufgelöst sein können (S. 36 b). Eine Bildung dieses Minerals aus seinen in Meerwasser aufgelösten Silicaten kann daher nicht bezweifelt werden, da der Absatz der ihm so ähnlichen Grünerde aus Gewässern nachgewiesen ist.

Eisenoxydhydrat wirkt zersetzend auf alkalische Silicate (S. 80) und auf Thonerdesilicate (S. 84), indem kieselsaures Eisenoxyd gebildet wird. Die Thone enthalten alkalische Silicate, wie es scheint vorzugsweise Kalisilicate und mehr oder weniger Eisenoxyd. Ist letzteres als Silicat vorhanden: so haben wir in den Thonen die Silicate von Thonerde, Alkalien und Eisenoxyd; ist es dagegen als Eisenoxydhydrat vorhanden: so kann es auf die oben angegebene Weise in Eisenoxydsilicate und diese durch die reducirende Wirkung organischer Reste in Eisenoxydulsilicate umgewandelt werden. Die auf dem Meeresgrunde vorhandenen Thone können daher bis auf die Magnesiasilicate alle Silicate, woraus der Glaukonit besteht, liefern. Da indefs das Meerwasser reich an Magnesiasalzen ist, und da diese durch alkalische Silicate

(S. 48) und Thonerdesilicate (S. 77) zersetzt und Magnesiasilicate gebildet werden: so liefern die Thone auch das Material zur Bildung dieser im Glaukonit enthaltenen Silicate.

Die Thone, sowie die schwebenden Theile der Flüsse, welche dem Meere zugeführt werden, liefern daher reiches Material zur Bildung von Glaukonit: daher kann es nicht verwundern, diesen in den, im Alter so weit von einander abstehenden sedimentären Bildungen in so reichlicher Menge zu finden.

Die Frage, ob die Glaukonit-Substanz in den fossilen Polythalamien-Schalen schon während des Lebens dieser Thierchen zur Bildung ihrer Schale oder ihres Gehäuses gedient, oder ob sie erst nach ihrem Tode die organische Substanz verdrängt habe, ist leicht zu stellen, aber nicht bestimmt zu beantworten.

Von der Marck behandelte mehrere fossile Kieselsäure-Polythalamien mit Salzsäure, wobei das ganze Gehäuse in seiner ursprünglichen Form zurückblieb und die Kieselsäure theils als ein Haufwerk kleiner körniger Partikelchen, theils glatt wie das ursprüngliche Petrefact zurückblieb. Er schliefst hieraus, dafs in diesen Petrefacten die Kieselsäure durch das noch lebende Thierchen aufgenommen worden zu sein scheine.

Da die Abscheidung der Kieselsäure durch lebende Infusorien eine unbestreitbare Thatsache ist, indem M. S. Schultze[1]) die Polymorphina silicea, deren Schale hauptsächlich aus Kieselsäure besteht, lebend im *Adriatischen* Meer bei *Ancona* fand: so ist zu denken, dafs lebende Polythalamien auch Silicate aufnehmen und daraus ihre Schalen oder ihre Gehäuse bauen können. Vollständige Steinkerne, aus Glaukonit bestehend, setzen aber die fortgesetzte Abscheidung dieses zusammengesetzten Silicats aus wässriger Lösung auch nach ihrem Tode voraus, welche Abscheidung nur aus einer Verdrängung der todten organischen Substanz durch dieses zusammengesetzte Silicat zu begreifen ist.

Da die Glaukonit-Polythalamien neben polythalami-

---

[1]) Ueber den Organismus der Polythalamien. 1854. S. 11.

schen Kalkschalen oder Kieselschalen vorkommen, da ferner mit der Zunahme der Glaukonit-Polythalamien die Kalkschalen abnehmen: so könnte eben so, wie durch Verdrängung der kohlensauren Kalkerde durch Kieselsäure aus Kalkschalen Kieselschalen hervorgehen, auch eine Verdrängung dieses Carbonats durch die Silicate der Glaukonitsubstanz gedacht werden. Eine solche Umwandlung der polythalamischen Kalkschalen in polythalamische Glaukonitschalen würde natürlich nur nach dem Tode dieser Thierchen stattfinden können.

Die braunen und rothen Färbungen, welche die Cristellaria rotulata d'Orb. öfters zeigen, sollen nach v. d. Marck von theilweise oxydirtem Eisenkies, der im Innern der Kammern gebildet worden ist, herrühren. Diesem gemäfs würde, aufser dem kohlensauren Kalk, der Kieselsäure und dem Glaukonit, auch der Eisenkies als Versteinerungsmittel der Polythalamien auftreten.

Ich habe in der ersten Auflage schon auf die Ausscheidung des kohlensauren Kalk aus dem Meerwasser durch Pflanzen hingewiesen [1]). Seitdem ist diese Erscheinung der Gegenstand einer genauen chemischen Untersuchung geworden.

R. Ludwig und G. Theobald [2]) untersuchten die Absätze der Soolquelle zu *Nauheim* aus einer offenen, 696 Meter langen Leitung in verschiedenen Entfernungen von der Quelle. Auf dem Wege, den die Soole sehr langsam zurücklegt, erkaltet sie von 25 bis zu 16° R. Im Nachstehenden folgen diese Analysen.

---

[1]) Bd. I. S. 953.

[2]) Poggendorffs Ann. Bd LXXXVII. S. 91.

	I.	II.	III.	IV.	V.
Kohlens. Kalk . . .	35,40	85,41	83,58	87,81	92,69
„ Magnesia . .	—	1,20	2,49	9,05	4,08
Eisenoxyd	44,28	8,93	2,07	2,05	2,15
Manganoxyd	2,11		5,49		
Schwefels. Kalk . . .	—	—	—	—	—
Kieselsäure	2,65	Spur	3,09 (eisenhaltig)	Spur	Spur
Arsensäure	1,05	Spur	—	—	—
Pflanzen- u. Diatomeen-Reste	—	—	—	0,12	0,01
Wasser	14,32	3,90	3,28	0,97	1,07
Verlust	0,19	0,56			
	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.
Kohlens. Kalk . . .	90,13	93,64	87,33	86,54	83,42
„ Magnesia . .	5,22	5,29	10,80	10,49	11,69
Eisen- u. Manganoxyd	3,17	0,75	0,62	1,62	1,96
Schwefels. Kalk . . .	—	—	—	—	0,21
Kieselsäure	Spur	Spur	Spur	Spur	Spur
Pflanzen- u. Diatomèen-Reste	Spur	—	1,15	0,20	1,12
Wasser	1,23	0,32	0,10	1,15	1,60
Verlust	0,25				
	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

I. Absatz am Anfange der Leitung. Er ist durchwachsen von zarten unter sich parallelen Scheiben, welche von etwas festerer Consistenz als die zwischen ihnen abgelagerten Ocherpartieen sind. Diese Scheiben sind mit einem hellgelben häutigen Filz überzogen, welcher aus Microhalva firma Breb. besteht, und dazwischen finden sich ziemlich zahlreich sich bewegende kieselschalige Diatomeen. Weiter abwärts nimmt die Entwicklung der Algen bedeutend zu, die Pflanzen bedecken Boden und Wände der Leitung mit filzigen Häuten, und bei Sonnenschein entwickelt sich aus ihnen Sauerstoffgas in zahlreichen Blasen. Diese Filze veranlassen eine traubige Structur in dem sich absetzenden Sinter und bilden auf dem Boden eine kohlige Masse, welche an der Luft einen äufserst unangenehmen Geruch verbreitet. In dieser Masse befindet sich eine geringe Menge Eisenoxydul, welche ohne Zweifel durch Desoxydation mittelst der Kohle entstanden ist.

II. Schöllchen von festem hellgelben und braunen Kalksinter, in welche sich die Scheiben nach längerer Zeit und nach der Tiefe hin umwandeln. Auf diesen Schöllchen finden sich mikroskopische Kalkspath-Rhomboeder.

III. Kalksinter, welcher sich 280 Meter vom Anfange der Leitung absetzt. Er bildet in frischem Zustande eine blättrige weiche dunkelbraune Masse, und die Filzblätter sind sehr zähe. Der ältere Sinter enthält dazwischen liegende weifse Lamellen, aus denen die verwesenden Conferven das Eisenoxyd ebenfalls zu Oxydul reducirt zu haben scheinen, welches durch die Kohlensäure im Wasser als Carbonat fortgeführt wurde.

IV. Hellgelber, faseriger Sinter in dicken Schalen, welcher aus zahllosen mikroskopischen Krystallen besteht. Von dieser Stelle an (400 Meter) wachsen abwärts sammtartige schön grüne Conferven, welche fadenförmig an einander gereiht erscheinen. Während die unteren Theile der Algenfäden in die Sinter einwachsen, ragen ihre grünen Spitzen hervor.

V. Compacter dem Marmor ähnlicher Kalksinter, welcher sich 620 Meter vom Anfange der Leitung absetzt.

VI. Sinter in 696 Meter Entfernung abgesetzt. Er ist schalig, nierenförmig, faserig, durchscheinend und marmorartig. Hellere Lamellen wechseln mit braunen Lagen. Die Oberfläche ist mit Rhomboedern bedeckt und enthält eingewachsene Conferven.

VII. Sinter-Röhren, in Blechröhren gebildet, welche im Kanal standen. Sie sind hellgelb, durchscheinend, geflammt, wie Marmor und innen mit Rhomboederchen übersäet. In den unteren Stellen der Soolenleitung kommt der schwarze kalkige Schlamm nicht in so grofser Menge als im oberen Laufe vor.

VIII. Sinter, aus kleinen Rhomboedern bestehend, die in dem Reservoir, in welches die Soole fliefst, die hier wachsenden Algen und deren Aeste incrustiren. An Stangen, welche vom Wasser bespült werden, wachsen ringsum $1/2$ bis $3/4$ Meter lange korallenähnliche Gestalten abwärts. Der Boden des Teiches bedeckt sich mit einem kohligen Schlamm, auf dem ein weifser lockerer liegt. Dieser Schlamm besteht aus Myriaden kleiner Rhomboeder.

IX. Kalksinter aus dem unterirdischen Kanal, welcher ebenfalls Conferven überzieht.

X. Sinter aus diesem Kanal, wo er sich in einen Bach mündet und eine kleine Cascade bildet. Er ist mürbe und besteht aus einem Aggregat von hirsekorngrofsen flachen Rhomboedern, deren blätteriges Gefüge ähnlich dem mancher Dolomite ist. Beim Auflösen in Säuren bleiben dichte dicke Pflanzenfilze zurück.

Die Analysen dieser Absätze bestätigen wiederholt das was oben (S. 534) über die Folge derselben aus warmen Quellen gesagt wurde. Sie führen aber zu noch viel wichtigeren Schlüssen.

Aus der in der I. Aufl. II. S. 1694 mitgetheilten Analyse des Soolsprudels zu *Nauheim* ergibt sich, dafs in ihm das Magnesium blos an Chlor gebunden ist [1]). Der nicht unbeträchtliche Gehalt an kohlensaurer Magnesia in den Kalksintern, welche mit den in der Soole wachsenden Conferven verknüpft sind, ist daher sehr auffallend [2]). Die Vermuthung liegt mithin nahe, dafs diese Conferven das im Wasser enthaltene Chlormagnesium zersetzen und in kohlensaure Magnesia umwandeln. Die Soole, welche aus dem Reservoir abfliefst, enthält auch wirklich nur noch 0,0095 Proc. Chlormagnesium, mithin 0,0244 Proc. weniger als der Soolsprudel. Da sich nur ungefähr $^2/_3$ von dem zersetzten Chlormagnesium der Soole in den Sintern wiederfinden: so scheint ein Theil des Chlorür von den Pflanzen aufgenommen zu werden. Während in der Soolen-Leitung der Gehalt an Chlormagnesium abnimmt, nimmt der an Chlorcalcium zu; denn im Soolsprudel beträgt letzterer 0,1935, in der Soole im Reservoir dagegen 0,2527 Proc. Es scheint daher, dafs die Pflanzen einen Austausch zwi-

---

[1]) Als Ludwig das klare Wasser des Soolsprudels langsam zur Trockne abdampfte, und den Bodensatz nicht so stark erhitzte, dafs sich Chlormagnesium zersetzen konnte, und die löslichen Bestandtheile mit Wasser extrahirte, waren in dem Rückstande kaum Spuren von kohlensaurer Magnesia aufzufinden.

[2]) Auch in dem Absatze dieser Soole auf den Dornen der Gradirhäuser fand ich neben 98,82 Proc. kohlensaurem Kalk 0,12 Proc. kohlensaure Magnesia. Aber auch hier wächst in der Soole Glocotila oscillaria, wenn auch nur spärlich.

schen den Bestandtheilen des Chlormagnesium und des kohlensauren Kalk bewirken können, wodurch kohlensaure Magnesia und Chlorcalcium gebildet werden.

Da die Pflanzen im Lichte die atmosphärische Kohlensäure in Sauerstoff, welcher entweicht, und in Kohlenstoff, welcher zu ihrer Ernährung dient, zersetzen: so werden solche Pflanzen, welche ganz im Wasser wachsen, nur aus diesem die Kohlensäure entnehmen. Das eine Aequivalent Kohlensäure im Kalkbicarbonat ist nur durch schwache Verwandtschaft gebunden; denn es entweicht schon beim Verdunsten des Wassers, in welchem dieses Kalksalz gelöst ist. Da sich nun neutraler kohlensaurer Kalk auf die in der erwähnten Soole wachsenden Pflanzen niederschlägt und nach den Untersuchungen von Ludwig und Theobald die Verdunstung des Wassers keinen Antheil an der Bildung des Sinter nimmt: so bleibt keine andere Ansicht übrig, als dafs diese Pflanzen ein Aequivalent Kohlensäure aufnehmen und in Sauerstoff und Kohlenstoff zerlegen. Die Abnahme der Pflanzenbildung in den unteren Stellen des Soolenlaufs spricht, weil auch der Kohlensäuregehalt darin abnimmt, gleichfalls zu Gunsten dieser Ansicht. Der bei der Zerlegung der Kohlensäure frei werdende Sauerstoff oxydirt das abgeschiedene kohlensaure Eisen- und Manganoxydul, wobei nochmals eine Quantität Kohlensäure frei wird.

Die Kieselsäure im Soolsprudel von *Nauheim* scheint durch die zahllosen darin lebenden Kieselpanzer tragenden Diatomeen, von denen man noch nicht sicher weifs, ob sie zum Thier- oder zum Pflanzenreiche gehören, abgeschieden zu werden.

Sauerstoffgas-Entwicklung aus organischen Absätzen einer Soole wurde schon von Pfankuch[1]) in der zu *Rodenberg* in *Hessen* wahrgenommen und von Wöhler[2]) bestätigt. In den Kanälen, aus welchen die Soole auf die Dornen der Gradirhäuser fliefst, bildet sich in den Sommer-Monaten bei anhaltend klarem und warmem Wetter eine schleimige durchscheinende Masse auf dem Boden. Sie

[1]) Ann. der Chemie und Pharmacie. Bd. XLI. S. 162.
[2]) Poggendorff's Ann. Bd. LVII. S. 308.

hat eine zähe häutige Beschaffenheit und ist mit oft mehrere Zoll breiten Luftblasen erfüllt, welche so reich an Sauerstoffgas sind, dafs, wenn sie in einer Bouteille gesammelt werden, darin ein glimmender Span sich entflammt. Die Menge dieser Luftblasen war so bedeutend, dafs man hunderte von Bouteillen damit hätte füllen können. Nach Ehrenberg's[1]) Untersuchungen besteht die membranöse Masse gröfstentheils aus lebenden Infusorien (Frustula salina von ihm auch in der *Königsborner* Soole aufgefunden), welche mit einer kleinen Alge (Hygrocrocis virescens) verfilzt sind. An einigen Stellen in den Soolen-Kanälen war der Schleim schwach grünlich, in welchem die Algen mehr entwickelt und auch viele Infusorien wahrzunehmen waren.

Die sorgfältigst ausgewaschene reine Schleimmasse lieferte in der trocknen Destillation ammoniakalische Producte, und beim Verbrennen blieb eine grofse Menge weifser Asche zurück, die vielen kohlensauren Kalk enthielt, welcher aus der Soole niedergefallen war und aus Kieselskeletten bestand, die noch die unveränderte Form der Infusorien hatten[2]).

Es zeigen sich also hier ganz dieselben Erscheinungen wie in der Soolen-Leitung zu *Nauheim*, und vielleicht würde man bei noch genauerer mikroskopischer Untersuchung Kalkspath-Rhomboeder in der schleimigen Masse wahrnehmen.

Ehrenberg[3]) suchte schon festzustellen, dafs das was Priestley in seinen denkwürdigen Versuchen anwandte, wirklich Thiere und nicht Pflanzen gewesen sind, namentlich Chlamidomonas pulvisculus und Euglena viridis. Aug. und Charl. Morren[4]), welche die Versuche von Priestley wiederholt haben, fanden, dafs es Chlamidomonas pulvisculus und einige andere wenig zahlreiche grüne Thierchen

---

[1]) Poggendorff's Ann. Bd. LVII. S. 313.

[2]) Früher fand schon Kützing (ebend. Bd. XXXII. S. 575), dafs der Panzer mehrerer kleiner Infusorien und namentlich der mehrerer Frustula-Arten aus Kieselsäure besteht.

[3]) Ueber die Infusionsthierchen als vollendete Organismen. 1838. S. 65, 108, 120 und 523.

[4]) Mém. de l'Academie de Bruxelles. 1841.

sind, welche Sauerstoffgas entwickeln. Ehrenberg[1]) ist der Ansicht, dafs auch die von Pfankuch und Wöhler beobachtete Sauerstoffgas-Entwicklung nicht von Pflanzen, sondern von Thieren herrühre. Da indefs durch die Untersuchungen von Ludwig und Theobald nachgewiesen wurde, dafs dieses Sauerstoffgas, welches sich aus den Algen in der Soolen-Leitung von *Nauheim* entwickelt, von der zersetzten Kohlensäure des Kalkbicarbonat herrührt, und da auch Wöhler in der schleimigen Masse aus der Soole zu *Koderberg* viel kohlensauren Kalk fand: so ist zu vermuthen, dafs das aus dieser Masse sich entwickelnde Sauerstoffgas denselben Ursprung habe. In diesem Falle würde sich aber, wenn Ehrenberg's Ansicht richtig ist, der kohlensaure Kalk nicht auf die Algen, sondern auf die Infusionsthierchen abgesetzt haben. Damit wäre jedoch nicht in Uebereinstimmung zu bringen, dafs die Infusorien nicht Kalk, sondern Kieselskelette enthielten. Sollten vielleicht die Infusorien blos die freie Kohlensäure in der Soole zersetzen? — In diesem Falle würde diese Zersetzung nicht mit einem Absatz von kohlensaurem Kalk begleitet, und es würde dann zu begreifen sein, wie die Infusorien neben der Zersetzung der freien Kohlensäure auch eine Abscheidung der in der Soole aufgelösten Kieselsäure bewirken. Dieser Gegenstand bedarf jedenfalls noch einer näheren Untersuchung, wenn es anders möglich ist, dadurch die Sache zur Entscheidung zu bringen.

R. Ludwig wies nach, dafs bei *Ahlersbach* in *Hessen* aus einer schwachen Quelle, welche nur 0,031 Proc. kohlensauren Kalk enthält, Hypnum tamariscinum ein aus den zierlichsten Incrustationen bestehendes Kalktufflager bildet[2]). Die Verdunstung des Wassers hat daran keinen Antheil; denn wo es über ein von der Vegetation entblöfstes Gestein sickert, setzen sich nicht einmal Spuren von Kalk ab. Im *Main* und im *Fallbach* bei *Hanau* wachsen mehrere Cladophora-Arten, welche mit krystallinischem kohlensaurem Kalk stark incrustirt sind. In zwei anderen Bächen

---

[1]) A. a. O. S. 314.

[2]) Auch Märtens (Jahrb. f. Min. u. s. w. 1855. S. 34) führt an, dafs dieses Moos den kohlensauren Kalk aus Quellwassern abscheidet.

der dortigen Gegend wachsen Chara vulgaris, Zarichellia palustris, welche dieselben Erscheinungen in noch höherem Grade zeigen. Diese Pflanzen entziehen daher dem gewifs sehr kalkarmen Flufs- und Bachwasser noch kohlensauren Kalk. In mehreren kalkreicheren Salzwassern jener Gegend vegetiren verschiedene Rhizodomium-, Vaucheria- und Oscillaria-Arten, zu *Salzhausen* auch die sonst am Meeresufer vorkommende Alge Phormidium Thinoderma, welche alle mit ziemlich viel kleinen Kalkspath-Rhomboedern incrustirt sind. Später [1]) führte Ludwig noch mehrere Beobachtungen an, welche die Ausscheidung des kohlensauren Kalk durch organische Thätigkeit der Pflanzen zeigen.

Nicht blos die jüngsten Bildungen, sondern auch Kalksteine der Tertiär-Formation tragen die augenscheinlichsten Spuren ihrer Bildung über Pflanzen. Bei *Bönstadt* in der *Wetterau* fand R. Ludwig ein ausgedehntes Litorinellen-Kalklager, welches fast nur aus Incrustationen von Wasserpflanzen (wie es scheint eine Chara-Art) gebildet ist. Es macht ganz den Eindruck eines Korallenstocks. Ein Litorinellenkalk bei *Bingen* am *Rhein* erscheint durchaus als Incrustation einer Chara-Art.

Incrustationen lebender wie abgestorbener Pflanzen mit kohlensaurem Kalk in Quellen und Bächen gehören weder zu den Seltenheiten, noch zu den unbekannten Erscheinungen. Die unteren Theile von Hypnum commutatum werden nicht selten in kalkhaltigen Quellen mit kohlensaurem Kalk incrustirt, während das Moos oben fortvegetirt [2]). Ein ehemaliger Zuhörer von mir, Herr O. Weber, fand, dafs zahlreiche Quellen, ganz nahe bei *Ilfeld* am *Harz,* die älteren Blätter der in ihnen wachsenden Moose mit kohlensaurem Kalk überziehen, während die frischen grünen Spröfslinge über die incrustirten Massen hervorwachsen. Ebenso fand er, dafs ein Bach bei *Jena,* welcher über ein mächtiges Lager von Kalksinter fliefst, hineinragende Pflanzen, besonders Moose auf gleiche Weise incrustirt.

Aus den Analysen von Pflanzen, welche in einem Bache

---

[1]) Poggendorff's Ann. Bd. LXXXVII. S. 143.

[2]) A. Grisebach über die Bildung des Torfs. 1846. S. 36.

gewachsen waren, von C. Schulz-Fleeth[1]) ergeben sich folgende Resultate:

I. Pflanzen, welche unter der Oberfläche des Wassers gewachsen waren:

	Chara	foetida	Hottonia palustris	Nymphaea lutea
Asche in 100 Th. getrockneter Pflanze	54,58	68,40	16,69	7,96
In 100 Th. dieser Asche:				
Kalk	54,73	54,84	21,29	25,24
Magnesia	0,57	0,79	3,94	5,09
Kohlensäure	42,60	42,86	21,29	22,23

II. Pflanzen, welche über die Oberfläche des Wassers hinausragten:

	Nymphaea lutea	alba	Stratiotes aloïdes	Scirpus lacustris	Typha angustifolia	Arundo phragmitis
Asche in 100 Th. getrockneter Pflanze	10,15	12,99	17,19	8,07	9,58	4,69
In 100 Th. dieser Asche						
Kalk .	30,00	18,89	10,73	6,98	21,94	5,88
Magnesia	3,61	2,67	14,35	2,38	1,56	1,21
Kohlens.	28,26	22,16	30,37	7,93	21,01	6.57

Auf die Reinigung der analysirten Pflanzen wurde die gröfste Sorgfalt verwendet; der kohlensaure Kalk, welcher die Pflanzen incrustirte, kann daher nur ein Minimum gewesen sein[2]). Die Kohlensäure in der getrockneten und gepulverten Chara foetida betrug nach Behandlung mit verdünnter Salzsäure 27,57 Proc., nach dem Einäschern wurden 29,31 Proc. gefunden. Die ganze Menge des Kalk scheint daher in der lebenden Pflanze an Kohlensäure und nicht an organische Säuren gebunden zu sein, da sich die Pflanze nicht so fein pulvern läfst, dafs nicht ein Theil derselben vor dem Eindringen der Säure geschützt geblieben wäre. Theilt man die ganze Menge der Kohlensäure in der Asche der Chara dem Kalke zu, so erhält man 97,6 Proc. koh-

[1]) Poggendorff's Ann. Bd. LXXXIV. S. 80.

[2]) Die grünen Stängel dieser Pflanze sind mit einer Kalkkruste überzogen und mit kohlensaurem Kalk so durchdrungen, dafs nach dem Verbrennen ein vollständiges Kalkgerippe der Pflanze übrig bleibt.

lensauren Kalk oder 66,7 Proc. von der getrockneten Pflanze. Auch der Gehalt an Magnesia ist in einigen dieser Wasserpflanzen bedeutend, in Stratiotes aloïdes beträgt er sogar mehr als der des Kalk. Das Wasser des Baches, worin die vorstehenden Pflanzen gewachsen waren, ist, wenn man es mit dem der meisten Flüsse vergleicht, ziemlich arm an Carbonaten; es enthält in 100000 Th. nur 5 Th. kohlensauren Kalk und 1 Th. kohlensaure Magnesia.

G. Herbst [1]) fand in der Nähe von *Weimar* ein 17 F. mächtiges Kalktuff-Lager, welches vorzugsweise aus Resten einer Chara-Art besteht, und unter diesem Lager Mammuth-Reste. In der Nähe kommt auch diese Chara in einem Wassertümpel vor.

Ich erinnerte mich, vor längeren Jahren eine sehr reiche Vegetation in den kalkhaltigen Quellen der *Pader* und *Lippe* wahrgenommen zu haben. Die vorstehenden Untersuchungen veranlafsten mich, mir von dort her durch die Güte eines ehemaligen Zuhörers, Herrn Michelis, solche Wasserpflanzen zu verschaffen. Algen aus den *Lippe*-Quellen enthielten kleine Stückchen Kalkstein, Quarzkörner, nicht aber durch kohlensauren Kalk sondern wahrscheinlich durch Kieselsäure cementirt eine Schale von Lymneus pereger und einen röhrenförmigen Körper einer Larve der Gattung Phryganea. Nachdem sie von diesen Einschlüssen sorgfältigst befreit, und mit destillirtem Wasser ausgewaschen worden waren, brausten sie mit Salzsäure sehr deutlich, und es wurden geringe Mengen Eisenoxyd, ziemlich viel Kalk aber keine Magnesia extrahirt. Die Larve brauste auch mit Salzsäure, und es wurde Kalk extrahirt; sie behielt aber ihren Zusammenhang. Nach sorgfältigen Untersuchungen meines Collegen Troschel waren in diesen Algen keine Infusorien zu finden. Aus diesen Versuchen ergibt sich, dafs Wasserpflanzen, welche auf kohlensauren Kalk durch Säuren geprüft werden sollen, vorher sorgfältigst von zufälligen Einschlüssen befreit werden müssen, damit nicht Täuschungen entstehen.

Dicotyledonen und einige Monocotyledonen, welche in den Paderquellen wachsen, enthielten keine Einschlüsse.

---

[1]) N. Jahrb. f. Mineralogie u. s. w. 1853. S. 322.

Nach sorgfältigem Auswaschen brauste eine Species ziemlich stark mit Salzsäure, und es wurde etwas Eisenoxyd, Magnesia und ziemlich viel Kalk extrahirt. Eine andere Species brauste nicht, Salzsäure extrahirte aber doch ziemlich viel Kalk und Spuren von Eisenoxyd und Magnesia.

Nach vorstehenden Untersuchungen kann es nicht zweifelhaft sein, dafs die Wasserpflanzen wie die Infusorien die Fähigkeit besitzen, den kohlensauren Kalk aus seiner Auflösung abzuscheiden. Wachsen die Chara-Arten in Seen in bedeutender Menge, wie im nördlichen Deutschland, werden diese Pflanzen durch Fäulnifs zerstört, um einer neuen Vegetation Raum zu geben, und dauert dieser Wechsel während einer langen geologischen Periode fort: so können auf dem Grunde der Seen sehr bedeutende Kalklager entstehen, da nach dem Obigen die Chara foetida 54 bis 68 Proc. kohlensauren Kalk nach ihrer Zerstörung durch Fäulnifs zurückläfst. In den älteren auf diese Weise entstandenen Kalklagern mögen die ursprünglichen zarten Pflanzengewebe so zerstört worden sein, dafs sie nicht mehr zu erkennen sind. Kohlige Substanzen bleiben aber dann zurück und färben den kohlensauren Kalk mehr oder weniger grau; von dem schwarz gefärbten Kalkstein ist vorzugsweise eine solche Entstehung zu vermuthen. Die bedeutende Menge Magnesia in Stratiotes aloïdes berechtigt zur Vermuthung, dafs sogar Dolomit auf diese Weise entstanden sein kann.

Die in der Nähe des Oceans wohnenden Naturforscher werden Gelegenheit finden, diese Beobachtungen zu erweitern [1]). Auch die im Meerwasser wachsenden Algen überziehen sich mit Incrustationen von erdigen Carbonaten.

Die oben (S. 607) erwähnte Sauerstoffgas-Entwicklung ist an sich keine Erscheinung von grofser geologischer Bedeutung, indem dadurch unter den angeführten Umständen nur das Eisen- und Manganoxydul eine höhere Oxydation erleidet, und dadurch gefällt wird. Diese Entwicklung steht aber im innigsten Zusammenhange mit der Zerlegung der Kohlensäure durch die Wasserpflanzen und durch die In-

---

[1]) Wir verweisen auf die von Morren und Lewy angestellten Untersuchungen, welche Bezug auf die in Rede stehenden haben.

fusorien, und nimmt dadurch an einem grofsartigen geologischen Phänomen, an der Abscheidung des kohlensauren Kalk aus Gewässern Theil.

Die Sedimente im Meer sind den fortgesetzten Einwirkungen der Bestandtheile des Meerwassers ausgesetzt; es ist also Gelegenheit gegeben zu Umbildungen in denselben. Die Pseudomorphosen des Bitterspath und des Eisenspath in Formen von Kalkspath, welche im Gebirgsgesteine durch die durchfiltrirenden Gewässer von Statten gehen, können auch im Meerwasser gedacht werden, da in ihm kohlensaure Magnesia und kohlensaures Eisenoxydul vorhanden sind. Ich fand im Meerwasser aus dem Kanal 0,0005 Proc. kohlensaures Eisenoxydul [1]). Die kohlensaure Magnesia, welche nur in unbedeutenden Mengen durch organische Thätigkeit niedergeschlagen wird [2]), kann demnach durch Verdrängung einer entsprechenden Menge koh-

---

[1]) Aus in einer verschlossenen Flasche $1\frac{1}{2}$ Jahr lang aufbewahrtem Meerwasser hatten sich Flocken von Eisenoxydhydrat abgesetzt. Es ist daher keine Frage, dafs diese Abscheidung auch aus dem Meerwasser, so weit es durch die Wellenbewegung mit der atmosphärischen Luft in Berührung kommt, erfolgt.

[2]) Aus zahlreichen chemischen Untersuchungen (de la Beche: The geological Observer. London 1853. p. 168) lebender Korallen ergaben sich folgende Schwankungen ihrer Bestandtheile:

Kolens. Kalk	82—95,5%
„ Magnesia	Spur—7,24%
Schwefels. Kalk	Spur—2,76%
Organ Substanzen	3—8,27%

Aufserdem enthalten sie geringe Mengen von Kieselsäure, Thonerde, Eisen, Phosphaten und Fluorüren.

Nach Joy (Ann. d. Chem. u. Pharm. 1852. Bd. LXXXII. S. 367) besteht die Schale von Helix Pomatia aus 98,5 kohlensaurem Kalk und 1,5 organischem Gewebe, indem Phosphorsäure, Kieselsäure, Fluor, Magnesia und Alkalien darin nicht aufzufinden waren.

Dagegen fand Abich (chem. Unters. des *Kasp. Meeres* u. s. w. S. 14 u. 15) in den Schalen von Maetra podolica, die in Kalkspath umgewandelt in dem marmorartigen Steppenkalk im Gouvernement *Stavropol* vorkommen, und diesen zusammensetzen, 99,61% Kalk und nur eine Spur von Magnesia, während eine nicht petrificirte Cardium-Schale des heutigen *Kaspischen Meeres* aus dem submarinen Kalkstein im Golf von *Baku* 98,17% kohlensauren Kalk und 1,67% kohlensaure Magnesia enthielt.

lensauren Kalks in den Sedimenten zur Fällung kommen, und es kann sich in denselben Dolomit bilden. Die ungewöhnliche von Silliman (S. 592 Note) aufgefundene Menge kohlensaurer Magnesia macht es wünschenswerth, durch weitere Analysen von Korallen, eine so große Anomalität zu bestätigen. Dana bemerkt hierüber ganz richtig, daſs es Umstände geben müsse, unter welchen das Magnesiasalz und der kohlensaure Kalk der Korallen auf einander wirken, und einen Magnesiakalk produciren. Nun, diese Umstände glauben wir in den Pseudomorphosen des Bitterspath in Formen von Kalkspath gefunden zu haben. Die Bemerkung können wir nicht unterdrücken, daſs durch eine solche Verwendung der kohlensauren Magnesia die Frage, wohin kommen die bedeutenden Quantitäten kohlensaurer Magnesia, welche dem Meere beständig zugeführt werden, ihrer Beantwortung sehr nahe rückt.

Die unorganischen Gebilde der Meeresthiere zeigen die Gegenwart des Eisens. Die rothen Korallen enthalten 1 Proc. Eisenoxyd, und es scheint das färbende Princip derselben zu sein [1]). In der Spongia usta fand Herberger 8,6 Proc. Eisenoxydul. Die Schuppen auf der Auſsenseite der Austerschalen enthalten nach meiner Analyse, auſser kohlensaurem Kalk und thierischer Materie, 0,61 Proc. Eisenoxyd mit etwas Manganoxyd und 0,15 Proc. kohlensaure Magnesia. Sind auch diese Eisenquantitäten durch organische Thätigkeit abgeschieden worden: so können doch einen solchen Ursprung die bedeutenden Mengen kohlensaures Eisenoxydul, welche sich in manchen Grauwackekalksteinen finden, nicht haben [2]). Hier liegt die Vermuthung wiederum sehr nahe, daſs dieses kohlensaure Eisenoxydul das Product einer Verdrängung einer entsprechenden Menge kohlensaurer Kalkerde durch das im Meer aufgelöste kohlensaure Eisenoxydul sei [3]). Wir können

[1]) A. Vogel in Schweigger's Journ. Bd. XVIII. S. 146.

[2]) Von der Mark fand bis 15,9 Proc. im westphälischen Grauwackekalkstein.

[3]) Auf der Ostseite der *Schleswiger* und *Jütländischen* Küsten zieht sich fast ununterbrochen eine schwarze Thonschicht fort, welche eine Menge von Schalen der Cyprina islandica enthält. Diese Muschelschalen zerfallen bei der leisesten Berührung; das Thier aber,

dies um so mehr begreifen, da in manchen Muschelschalen Eisenocher, Brauneisenstein, ja selbst Eisenglanz den kohlensauren Kalk verdrängt haben [1]).

R. Ludwig hält es, da fast jeder thoniger Sphärosiderit in der Steinkohlen-Formation Pflanzenabdrücke von Algen und Farren enthält, für wahrscheinlich, dafs diese zerstörten Pflanzen die Abscheidung des kohlensauren Kalk bewirkt haben, der später, nach meiner Ansicht, durch kohlensaures Eisenoxydul in Gewässern verdrängt wurde.

Das Vorkommen des Quarz, Chalcedon, Halbopal, Hornstein, Karneol u. s. w. in Formen von Kalkspath zeigt, dafs Kieselsäure kohlensauren Kalk verdrängen kann. Sehr häufig kommt die Kieselsäure als Versteinerungsmittel organischer Substanzen vor, indem sie die kalkigen Thierreste verdrängt hat. In den Feuersteinen findet man kohlensauren Kalk durch Kieselsäure verdrängt. Spuren von Streifen und Schichtungsflächen durchsetzen ungestört die kieseligen Concretionen, welches zu beweisen scheint, dafs diese erst entstanden sind, nachdem der umgebende Kalkstein mit seinen fossilen Resten abgesetzt und geschichtet war. Aus allen diesen Thatsachen geht hervor, dafs kieselige Bildungen in den sedimentären Kalksteinen erst nach deren Absatz erfolgten.

Neben der unmittelbaren Abscheidung der Kieselsäure aus dem Meerwasser kann dieselbe auch in Folge einer Verdrängung des sedimentären kohlensauren Kalk und der thierischen Reste, die er enthält, vor sich gehen. Wenn der kohlensaure Kalk als Fällungsmittel der kohlensauren Ma-

---

was sie einst umschlossen, scheint im Thone so sehr vertheilt, dafs noch gegenwärtig wegen unerträglichen Gestanks nur mit grofser Mühe Arbeiten (Brunnen und Gräben,) in diesem Thone vorgenommen werden können. (L. v. Buch Monatsschrift der Berl. Akad. 1851 Jan. S. 42.)

In einer solchen Thonschicht wird nach und nach alles Eisenoxyd durch die organische Materie reducirt und zu kohlensaurem Eisenoxydul, welches vom Meerwasser aufgelöst, kohlensauren Kalk verdrängen und Eisensteinlager bilden kann.

[1]) Im eisenschüssigen Sande der Kreideformation zu *Woodstown* in *New-Jersey* kommt die Gryphaea convexa Say (Gr. vesicularis Bronn) nicht selten durch Eisenocher vererzt vor. Blum Nachtrag S. 206. Auch Bronn's Handb. einer Geschichte der Natur. Bd. II. S. 713.

gnesia, des Eisenoxydul und der Kieselsäure in dem Meerwasser wirkt, so gehen gleiche Mengen von ihm wieder in Lösung. Nicht auf dem Lande allein finden wir also den kohlensauren Kalk im Zustande einer fortwährenden Auflösung und Fällung, sondern ebenso im Meere.

Aber alle diese Vorgänge vereinigen sich dazu, der Anhäufung der kohlensauren Erden, des kohlensauren Eisenoxydul, und der Kieselsäure entgegenzuwirken, welche das Meer unbewohnbar machen würden, während es doch eine reichere Fülle des Thierlebens zu beherbergen bestimmt ist, als das Festland. Dem Thierleben war es vorbehalten, das Gleichgewicht wieder herzustellen. Bestandtheile des Meerwassers wurden die Hüllen, die Wohnplätze der kleinsten Thiere; nach deren Tode kehrten sie in das Reich wieder zurück, von dem sie hergekommen.

Erinnern wir uns, dafs jenes mikroskopisch kleine, ununterbrochen thätige Leben in der Nähe der Pole, wie in Meeres-Tiefen, welche die Höhe unserer mächtigsten Gebirgsketten übersteigen, in Bergwerken [1]), wie in lichtlosen fossilen Lagern [2]), bei denen das Wasser allein die Atmosphäre zu vermitteln scheint, gedeiht: so leuchtet erst recht ein, welchen Antheil jenes Leben an den Bildungsprocessen im Mineralreiche nimmt.

Wenn man die Wurzeln der Pflanzen die ewig thätigen Sammler der Alkalien, des Schwefels, der Magnesia, der Phosphorsäure u. s. w. nennt, wenn die Fucus-Arten das Jod, welches weniger als ein Milliontel des Meerwassers beträgt, aufsaugen und assimiliren: so mufs man ebenso die Meerthiere die nicht minder thätigen Sammler der kohlensauren Kalkerde, der Kieselsäure, der Phosphorsäure, des Jod u. s. w. nennen. Die kleinsten unter diesen Meerthieren, die Infusorien, sind gerade die grofsartigsten Sammler, welche nach ihrem Tode mächtige Lager bilden, die sich, wenn

---

[1]) In der *Freiberger* Grube *Bescheert-Glück* lebt die Gallionella ruginea häufig in 1100 Fufs Teufe.

[2]) Das *Berliner* Infusorienlager läfst sich zu 100 Fufs Tiefe verfolgen, und es ist keineswegs ein abgestorbenes, sondern vielmehr in einem Zustande, welcher die Fortpflanzungs-Fähigkeit grofser Massen der Individuen anzeigt.

sie in späteren Zeiten aus dem Meere hervortreten, über ganze Länder verbreiten.

Möchten doch die Plutonisten durch die colossalen Schöpfungen der Infusorien aus Materialien im umgebenden Medium, welche nur durch scharfe Analysen nachweisbar sind, gemahnt werden nachzuforschen ob sie nicht auch in den Umgebungen anderer Productionen das finden, was sie in unergründlichen Tiefen vergebens suchen.

Kapitel X.

Die atmosphärische Luft.

Die atmosphärische Luft ist nicht blos die Bedingung des Lebens der Pflanzen und der Thiere, und vom wichtigsten Einflusse bei der Zerstörung derselben durch Fäulnifs, sondern ihre Bestandtheile bedingen vorzugsweise die Zersetzung der Gesteine.

Die physikalischen und chemischen Eigenschaften der atmosphärischen Luft setzen wir als bekannt voraus. Hier betrachten wir blos die Processe, wodurch das quantitative Verhältnifs ihrer Bestandtheile beständige Veränderungen erleidet und seit den frühesten Zeiten erlitten hat.

Die vier wesentlichen Bestandtheile der atmosphärischen Luft: Sauerstoffgas, Stickgas, Kohlensäuregas und Wassergas (Wasserdunst), sind beständigen Schwankungen durch Processe unterworfen, welche auf der Erdoberfläche von Statten gehen, und wodurch theils von dem einen oder anderen dieser Bestandtheile verbraucht wird, theils neue Quantitäten davon in die Atmosphäre übergeführt werden. Die ungeheure Masse des ganzen Luftmeers macht es begreiflich, dafs beträchtliche Quantitäten des einen oder anderen Gases verbraucht oder in die Atmosphäre übergeführt werden können, ehe die quantitativen Veränderungen auf chemischem Wege nachweisbar werden.

Die Processe, wodurch der atmosphärischen Luft immerfort Sauerstoffgas entzogen wird, sind:

1) die Respiration der Thiere,
2) die Fäulnifs organischer Substanzen,
3) die Verbrennung,
4) die Oxydation unorganischer Substanzen.

Nur einen einzigen Procefs, die Ausscheidung des Sauerstoffs aus der Kohlensäure und wahrscheinlich auch aus dem Wasser durch das Blattgrün der Pflanzen im Sonnenlichte, kennen wir, wodurch der Atmosphäre Sauerstoff

zugeführt wird. Was das Thierreich und die Fäulnifs an Sauerstoff verzehren, das führt die Vegetation (vergl. jedoch S. 609) der Atmosphäre wieder zu.

Dieser Kreislauf findet in kurzen und langen Perioden statt. Ein grofser Theil des Kohlenstoffs und Wasserstoffs in den Pflanzen und Früchten, welche alljährlich wachsen und als Nahrungsmittel von Menschen und Thieren verzehrt werden, kehrt als Kohlensäuregas und Wasser sogleich wieder in die Atmosphäre zurück. Der Kohlenstoff in den perennirenden Pflanzen wird erst nach längeren Perioden wieder ein Eigenthum der Atmosphäre, und der in sedimentären Formationen, als Stein- und Braunkohle begrabene ist schon seit undenklichen Zeiten dem allgemeinen Kreislaufe entzogen worden. Würden diese Kohlen nicht durch die menschliche Industrie zu Tage gefördert, und durch Verbrennung wieder der Atmosphäre überliefert, so würden sie wohl kaum je in dieselbe zurückkehren, da der Kohlenstoff zu den unangreifbarsten Körpern gehört.

Die beständigen Bewegungen in der atmosphärischen Luft erklären die so sehr geringen Variationen in dem Sauerstoff- und Kohlensäure-Gehalte der Atmosphäre, wenn auch in verschiedenen Jahreszeiten die Zersetzung der letzteren in diesem oder jenem Erdstriche völlig unterbrochen ist.

Aufser den im allgemeinen Kreislaufe begriffenen Processen, wodurch der Atmosphäre Kohlensäure zugeführt wird (Respiration, Verbrennung, verschiedene künstliche Processe) bemerken wir noch: 1) die Kohlensäure-Exhalationen, welche aus meist unbekannten Tiefen in die Atmosphäre strömen; 2) Desoxydationen mineralischer Substanzen, namentlich des Eisenoxyd und der schwefelsauren Salze durch kohlenstoffhaltige Substanzen.

Liebig hält dafür[1]), dafs die 2800 Billionen Pfund Kohlenstoff, welche die jetzige atmosphärische Kohlensäure enthält, mehr betragen, als das Gewicht aller Pflanzen, der bekannten Stein- und Braunkohlenlager auf dem ganzen Erdkörper zusammen genommen.

---

[1]) Die Chemie in ihrer Anwendung auf Agricultur u. s. w. S. 22.

Vertheilen wir diese Quantität in Gedanken auf die ganze Erdoberfläche, so berechnet sich eine Lage Kohlenstoff von 0,962 Linie Dicke. Dafs eine solche Lage noch lange nicht ein Aequivalent für allen Kohlenstoff im organischen Reiche, im gegenwärtigen, wie im untergegangenen, sein kann, leuchtet ohne weiteren Beweis von selbst ein. Es ist nicht blos der Kohlenstoff in den Pflanzen und Thieren, in den Stein- und Braunkohlen, welcher in Anschlag kommt, sondern auch der in den bituminösen Substanzen, womit alle sedimentären Formationen mehr oder weniger durchdrungen sind, und für welchen wir kein Mafs haben.

Dafs wir jene 2800 Billionen Pfund Kohlenstoff auf die ganze Erdoberfläche vertheilen, wie sie auch in der Atmosphäre über sie verbreitet sind, bedarf wohl keiner Rechtfertigung. Berücksichtigt man die zahllose Menge von Thieren im Meere, welche über einander schwimmen, berücksichtigt man die Fülle der kleinen mikroskopischen Thiere und des animalischen Stoffs, den ihre schnelle Zerstörung liefert, wodurch das ganze Meerwasser für viele gröfsere Meergeschöpfe eine nährende Flüssigkeit wird: so findet man in ihm eine reichere Fülle des organischen Lebens, und mithin des Kohlenstoff, als irgendwo auf dem Erdenraume zusammengedrängt[1]). Endlich ist auch nicht zu vergessen, dafs die mit organischen Ueberresten getränkten Sedimente Meeres-Bildungen sind, und Niemand wird läugnen, dafs jetzt noch solche Bildungen auf dem Meeresgrunde von Statten gehen.

Solche Betrachtungen geben einen Begriff von den unermefslichen Quantitäten Kohlenstoff, womit unsere Erde bereichert worden ist. Liebig's Schlufs, dafs der Kohlenstoff in der Atmosphäre mehr, als hinreichend sei, um dem Bedarfe zu genügen, bleibt daher weit, sehr weit unter der Wahrheit.

Setzen wir für den mittleren Kohlensäure-Gehalt in der Atmosphäre 0,06 Proc., und nehmen das 100fache desselben, mithin 6 Proc. Kohlensäure in der Atmosphäre, dem Gewichte nach, so würde der darin enthaltene Koh-

---

[1]) v. Humboldt's Kosmos. Bd. I. S. 330.

lenstoff doch nur eine über die ganze Erdoberfläche verbreitete Kohlenschicht von 5 Zoll 4,5 Linie Höhe geben.

Unter der Voraussetzung, dafs aller Sauerstoff in unserer heutigen Atmosphäre blos von zersetzter Kohlensäure herrühre, würde, wenn man sich den dadurch abgeschiedenen Kohlenstoff wiederum als eine die ganze Erdoberfläche bedeckende Lage denkt, diese eine Dicke von 2,3 Fufs haben. Diese Dicke würde sich um einen aliquoten Theil vermindern, wenn ein Theil des dermaligen Sauerstoffs in der Atmosphäre von Wasser abstammen sollte, welches durch die Vegetation zerlegt worden ist.

Sollte auf der andern Seite ein Theil des Sauerstoff der ehemaligen Atmosphäre für diese durch irgend einen Oxydations-Procefs für immer verloren gegangen sein: so würde sich die Höhe der Kohlenstoff-Schicht um einen aliquoten Antheil vermehren.

In der I. Aufl. (Bd. I. S. 33) habe ich in der Oxydation des Eisen- und Manganoxydul in den Gesteinen während ihrer Verwitterung einen sehr bedeutenden Verlust an atmosphärischem Sauerstoff zu finden geglaubt. Damals war zwar schon bekannt, dafs faulende organische Substanzen das Eisenoxyd zu Oxydul reduciren. Dafs dies aber ein ganz allgemeiner Procefs ist, habe ich erst durch spätere Untersuchungen sedimentärer Gesteine erkannt. Die dem Meer durch die Flüsse zugeführten schwebenden Theile, woraus diese Gesteine entstanden sind, enthielten ohne Zweifel wie die, welche ihm jetzt zugeführt werden, das Eisen gröfstentheils als Oxydhydrat. Es mufs also auf dem Meeresgrunde eine theilweise Desoxydation stattgefunden haben, und dies kann nur auf Kosten der abgestorbenen organischen Substanzen erfolgt sein. Die Versteinerungen in sedimentären Gesteinen weisen ihre ehemalige Gegenwart nach. Die Eisenoxydulsilicate, welche sich in den grüngefärbten Thonschiefern in gröfserer Menge als die Eisenoxydsilicate finden, verdanken daher jenem Reductionsprocesse ihre Entstehung. So weit diese Reduction durch den Kohlenstoff der organischen Ueberreste bewirkt wird, entsteht Kohlensäure, und durch Zersetzung derselben durch die Pflanzen kehrt der Sauerstoff, welchen das Eisenoxydul der verwitterten Gesteine aus der

Atmosphäre aufgenommen hat, wieder in dieselbe zurück. Durch die Bildung des Eisenkies auf Kosten von schwefelsauren Salzen, Eisenoxyd und organischen Substanzen wird der Atmosphäre gleichfalls Kohlensäure zugeführt.

Es scheint demnach eine beständige Circulation des Sauerstoff stattzufinden. Der Sauerstoff, welcher durch Oxydationsprocesse der Atmosphäre entzogen wird, kehrt nach längeren oder kürzeren Perioden wieder in dieselbe zurück. Nur der Sauerstoff, welcher das Manganoxydul in den Gesteinen zu Mangansuperoxyd oxydirt, scheint für die Atmosphäre verloren zu gehen, denn nur in seltenen Fällen mag er durch Reductionsprocesse wieder zurückkehren.

Auf der andern Seite stammt der Sauerstoff, welcher bei der Eisenkies-Bildung der Atmosphäre in der Kohlensäure zugeführt wird, aus dem Mineralreiche. Wird diese Kohlensäure durch die Vegetation zersetzt: so erhält die Atmosphäre einen Sauerstoff, der nie ihr Eigenthum war. Von Sauerstoff im Eisenoxydul ist es wenigstens im höchsten Grade wahrscheinlich; denn nichts berechtigt zu der Annahme, dafs Metalloxyde aus Metallen entstanden sind. Sind auch andere Schwefelmetalle durch Zersetzung von schwefelsauren Salzen und Metalloxyden auf Kosten organischer Ueberreste entstanden: so wurde auch dadurch der Atmosphäre Sauerstoff zugeführt, der nie ihr Eigenthum war.

Diese Processe zeigen, wie der Kohlenstoff gleichsam die Rolle eines Trägers für den Sauerstoff im Mineralreiche spielt. Der Kohlenstoff der organischen Substanzen, welcher heute die Salzbasen der schwefelsauren Salze reducirt, und sich in Kohlensäure umwandelt, existirte früher schon in dieser Verbindung. Dieselbe wurde durch den Vegetationsprocefs zersetzt, und der Kohlenstoff wurde ein Eigenthum des organischen Reichs. Kam dieser Kohlenstoff in Berührung mit schwefelsauren Salzen: so zersetzte er dieselben, und kehrte, um aufs neue als Nahrungsmittel für die Pflanzen zu dienen, als Kohlensäure in die Atmosphäre zurück. So begreifen wir, wie dieselbe Menge Kohlenstoff wiederholt Sauerstoff aus dem Mineralreiche der Atmosphäre zuführen konnte.

Durch die menschliche Industrie wird auf ähnliche Weise Sauerstoff aus dem Mineralreiche der Atmosphäre zugeführt. In den hüttenmännischen Processen werden Metalloxyde, wie Eisenoxyd, durch Kohle reducirt, die Kohlensäure gelangt in die Atmosphäre und wird von den Pflanzen zersetzt. Doch dies ist nur ein Kreislauf; denn das producirte Eisen rostet nach und nach und entzieht der Atmosphäre wiederum den Sauerstoff, welchen es an sie abgetreten hatte.

Während einer langen Reihe von Jahren lagen Steinkohlen unangetastet in der Erde. Diejenigen, welche seit der begonnenen Gewinnung zu Tage gefördert und verbrannt worden sind, bilden eine nach bürgerlichen Verhältnissen bedeutend zu nennende Gröfse. Erscheint auch die Menge der dadurch in die Atmosphäre übergeführten Kohlensäure gegen die in ihr vorhandene und durch die Exhalationen ihr zugeführte unbedeutend: so ist doch evident, dafs, seitdem die Steinkohlen ausgebeutet werden, die Kohlensäure, wenn dieselbe nicht durch die Vegetation zersetzt worden wäre, zugenommen haben müfste. Sollte diese durch die menschliche Industrie veranlafste Zunahme eine Steigerung der Processe, wodurch entweder Kohlensäure oder Sauerstoff verbraucht werden, eine stärkere Verwitterung der Gesteine herbeigeführt haben? — Es ist wohl zu begreifen, wie zunehmende Verwitterung der Gesteine und steigende Vegetation, als Folge vermehrter Zersetzung der Kohlensäure, Hand in Hand gehen können.

Wenn die Natur ein unverkennbares Streben nach Gleichgewicht in ihren Processen zeigt: so ist doch nicht anzunehmen, dafs sie gleichsam mit der Wage in der Hand diese Processe leitet. Processe, welche lange Zeiträume umfassen, können daher eine stetige Abnahme oder Zunahme des einen oder andern Bestandtheils der Atmosphäre herbeiführen. Der Sauerstoff derselben beträgt mehr, als zwei Trillionen Pfund. Eine stetige Verminderung oder Vermehrung des Sauerstoff kann daher erst nach langen Zeiten bemerkbar werden. Historische Zeiträume verschwinden gegen geologische Perioden. Die Analyse der atmosphärischen Luft, selbst in sehr weit von einander

abstehenden Zeiten vorgenommen, dürfte solche Veränderungen kaum nachweisen. Ueberdies hat diese Analyse erst in den letzteren Jahren diejenige Schärfe erreicht, dafs von nun an kleine Veränderungen in dem Sauerstoffgehalte nachgewiesen werden können. Die Vergleichung einer vor 56 Jahren von Biot und Arago ausgeführten Gewichts-Bestimmung der atmosphärischen Luft mit einer auf dieselbe Weise vor 16 Jahren unternommenen, ist das einzige dürftige Resultat, welches für diesen 40jährigen Zeitraum eine nicht merkliche Veränderung des Sauerstoffgehaltes nachgewiesen hat.

Abgesehen von den Steinkohlen, deren einzelne Lager manchmal eine Mächtigkeit von mehreren hundert Fufs bilden, und die sich ohne Zweifel noch an vielen Orten, wo man sie noch nicht ahnet, finden werden, ist der als Bitumen u. s. w. in den sedimentären Formationen zerstreute Kohlenstoff gewifs eine sehr bedeutende Gröfse. Berücksichtigt man die hier und da sehr mächtigen Schichten schwarzen, mit Kohlenstoff getränkten Schiefers im Thonschiefer-Gebirge (Dachschiefer), wie in jüngeren Schiefer-Formationen: so fällt gewifs die Annahme eines durchschnittlichen Gehaltes von 0,1 Proc. weit unter den wahren Gehalt[1]). Setzen wir nun für die Mächtigkeit sämmtlicher sedimentären Formationen zwei geogr. Meilen: so gibt allein dieser Kohlenstoffgehalt eine Schicht von 46 Fufs Dicke.

So finden wir denn blos für den in Gesteinen zerstreuten Kohlenstoff einen approximativen Werth, der 20mal so viel beträgt, als aller Kohlenstoff, den die Atmosphäre geliefert haben würde, wenn der dermalige Sauerstoffgehalt derselben das Ueberbleibsel zersetzten Kohlensäuregases wäre, und 6620mal so viel, als der dermalige Kohlenstoffgehalt in der Atmosphäre, den Liebig als ein Aequivalent für allen Kohlenstoff auf Erden nimmt. Der

[1]) Die silurischen Schichten der *skandinavischen* Halbinsel und der Insel *Bornholm* enthalten in ihren ältesten Theilen mächtige Lager von Alaunschiefer. In einigen Gegenden von *Westergothland* in *Schweden* trifft man sogar kleine Lager von wirklicher Kohle an. Der Alaunschiefer von *Bornholm* enthält nach Forchhammer 8,65 Proc. Kohle.

Kohlenstoff, welchen die Atmosphäre nach obiger Voraussetzung geliefert haben würde, ist daher gewifs nur ein kleiner Theil von allem Kohlenstoff auf Erden.

Im Kapitel XIII werden wir sehen, welche unermefsliche Quantitäten Kohlensäuregas immerfort aus dem Innern der Erde ausströmen, und in die Atmosphäre übergehen. Wann dieser Procefs begonnen hat, wissen wir nicht. Seitdem aber das organische Leben auf Erden erschienen ist, begreifen wir eine Verwendung dieser Kohlensäure für den allgemeinen Haushalt der Natur. So wie in der Jetztzeit durch Verwitterung krystallinischer Gesteine, Laven u. s. w., welche wenig oder keinen Kohlenstoff enthalten, fruchtbare Erde entsteht, sobald nur Vegetation auf ihnen Platz greift: so geschah es auch als die Vegetation begonnen hatte. Jene Kohlensäure-Exhalationen wurden durch die Pflanzen zersetzt, der Kohlenstoff trat ins organische Reich und in die aus diesem durch Fäulnifs gebildeten Ueberreste. Der Kreislauf war eingetreten. Die Vegetation breitete sich immer mehr aus, immer mehr wurde von jener Kohlensäure zersetzt, und die Menge des Kohlenstoffs in den organischen Ueberresten nahm fortwährend zu. Ein grofser Theil dieses Kohlenstoffs kehrte durch Zerstörung organischer Körper wieder in die Atmosphäre zurück, der Rest wurde in die sedimentären Formationen eingeschlossen, bis auch dieser durch die menschliche Industrie wieder auf die Oberfläche kam und fortwährend kommen wird, und durch Verbrennung als Kohlensäure der Atmosphäre abermals zugeführt wurde und immerfort zugeführt werden wird. Die unberechenbaren Quantitäten Kohlenstoff in der heutigen organischen Schöpfung und in ihren, in sedimentären Formationen begrabenen Ueberresten, welche mindestens den Kohlenstoff in unserer jetzigen atmosphärischen Kohlensäure mehrere tausendmal übersteigen, haben daher den Weg aus dem Innern der Erde durch die Atmosphäre in jene Vorrathskammern nach und nach genommen, ohne dafs jemals eine der Entwicklung des organischen Reichs nachtheilige Anhäufung im Luftkreise stattgefunden zu haben brauchte.

Während der Kohlenstoff der Kohlensäure-Exhalationen in das organische Reich, in die Dammerde und in die

sedimentären Bildungen trat, ging ihr Sauerstoff in die Atmosphäre über, und ersetzte den Abgang des zu Oxydationsprocessen verbrauchten Sauerstoffs. Durch die oben angeführten Reductionsprocesse kehrte auch dieser Sauerstoff nach und nach wieder in die Atmosphäre zurück, während neue Quantitäten atmosphärischen Sauerstoffs durch die ununterbrochen fortschreitenden Zersetzungen der Gesteine absorbirt wurden. Es ist überflüssig zu bemerken, dafs alle diese Reductions- und Oxydations-Processe auch in der jetzigen Zeit ununterbrochen von Statten gehen.

Diese Hypothese kommt auf keinen Widerspruch, sie zeigt sich mit dem, was unser kurzsichtiger Verstand erfassen kann, in völliger Uebereinstimmung. Sie läfst die Möglichkeit begreifen, wie seit dem Erscheinen des organischen Reichs auf Erden keine wesentliche Veränderung in der Atmosphäre stattgefunden haben kann, und wie also in der ersten Zeit dieser grofsen Periode, wie heut zu Tage in dem Medium, welches die Erde umgibt, die Bedingungen zur Entwicklung jedweden organischen Wesens vorhanden sein konnten. Zeigt gleichwohl die Geschichte des Pflanzen- und Thierreichs, zeigen namentlich die in den sedimentären Formationen begrabenen organischen Ueberreste eine fortschreitende Reihe in den Organismen, den Untergang des einen Geschlechts, ein Werden des andern: so haben wir, wenn wir jener Hypothese folgen, wenigstens nicht nöthig, die Ursache dieser Veränderungen in einer Veränderlichkeit der Atmosphäre, sondern in anderen, vielleicht durch die abnehmende Temperatur der Erdoberfläche bedingten Verhältnissen zu suchen.

Aber nicht alle Kohlensäure, welche sich aus dem Innern der Erde entwickelt, wird durch die Pflanzen zersetzt; denn durch die Zersetzung der Silicate von Kalk, Eisenoxydul, Alkalien u. s. w. in den Gesteinen und durch ihre Umwandlung in Carbonate wird fortwährend ein Theil der in die Atmosphäre strömenden Kohlensäure verbraucht. Dieses Gas findet also eine doppelte Verwendung. Was sich davon mit Kalk und anderen Basen verbindet, kehrt unzersetzt in das Mineralreich zurück; was zur Zersetzung kommt, theilt sich zwischen diesem und dem organischen Reiche. Werfen wir einen Blick auf unsere mächtigen und

ausgedehnten sedimentären Kalkgebirge: so tritt eines dieser Zersetzungs-Producte massenhaft uns entgegen.

Geschichtete Formationen, welche keine Versteinerungen führen, setzen eine sedimentäre Periode voraus, welche der Erscheinung des organischen Reiches vorhergegangen ist. Sedimentäre Bildungen, das Product mechanischer Zertheilung und chemischer Zersetzung der Gesteine ist aber nicht ohne Zersetzungsmittel, d. h. nicht ohne Gegenwart von Kohlensäure und Sauerstoff denkbar. In der Periode, wo noch keine Vegetation auf Erden existirte, waren die Verhältnisse wesentlich verschieden von denen in der organischen Periode. Kohlensäure und Sauerstoff wirkten zwar als Zersetzungsmittel auf die Gesteine; allein jene wurde nicht zersetzt, und dieser folglich nicht erneuert. Gab es daher auch damals Kohlensäure-Exhalationen, so konnte zwar der Abgang an Kohlensäure zur Bildung von Carbonaten immer fort ersetzt werden; aber Desoxydationsprocesse konnten, da es an organischen Ueberresten fehlte, nicht von Statten gehen. Der an Eisenoxydul getretene Sauerstoff war daher für die damalige Atmosphäre verloren, und dies führt zu der Annahme, dafs dieselbe in der Schöpfungsperiode mehr Sauerstoff enthalten haben müsse, als zur Zeit des Erscheinens des organischen Reichs.

Ob übrigens die mit dem Namen untere geschichtete oder versteinerungslose Gebirgsarten bezeichneten Formationen sammt und sonders jener Periode angehören, in welcher die Vegetation noch nicht existirt hatte, ist zu bezweifeln. In dem dunkelbläulichgrauen Thonschiefer, in welchem keine Versteinerungen aufgefunden werden, und der bisweilen ganz ins Schwarze übergeht, rührt die Färbung von einem durch die ganze Masse vertheilten Kohlengehalte her. Stammt aller Kohlenstoff von zersetzter Kohlensäure ab, so mufs der Bildung dieses Thonschiefers ein Pflanzenreich vorausgegangen sein, und in sofern würde der Anfang des organischen Reiches noch über die Grauwackenformation hinausreichen.

Kapitel XI.

Stickstoff und seine Verbindungen.

Unter den wenigen einfachen Körpern, welche wir auf der Erde und in der Atmosphäre finden, ist der Stickstoff derjenige, von dem es ganz entschieden ist, dafs er zu den ursprünglichen, nicht durch Zersetzung seiner Verbindungen, gehört. Kein anderer Stoff kommt im isolirten Zustande in solcher Menge, wie er, vor. Wenn wir die absolute Unentbehrlichkeit der übrigen Bestandtheile der Atmosphäre für den Haushalt der Natur leicht nachweisen können: so wird es schwer, die Bedeutung des in so überwiegender Menge vorkommenden Stickgases darzuthun. Sehr nahe liegt indefs die Vermuthung, dafs dieses Gas die Quelle aller Stickstoffverbindungen sei.

Das Stickgas, welches sich aus Quellen entwickelt, rührt entweder von der Atmosphäre oder von der Zersetzung stickstoffhaltiger Ueberreste in den sedimentären Formationen her.

Alle Gewässer, welche mit der Atmosphäre in Berührung kommen, nehmen nach Verhältnifs ihres ungleichen Vermögens gasförmige Bestandtheile zu absorbiren, verschiedene Quantitäten davon auf. In allen Fällen absorbiren diese Gewässer vom Stickgase die geringste Menge. Eine Verbindung dieses absorbirten Stickgases mit anderen Bestandtheilen der Gewässer, oder mit Stoffen, denen sie auf ihren unterirdischen Wegen begegnen, ist wegen des bekannten chemischen Verhaltens des Stickstoff nicht denkbar. Daher halten die Gewässer die ganze Menge des aufgenommenen Stickstoff so lange in Absorption, als nicht Druck oder Temperatur sich ändern. Dagegen geht das von den Gewässern absorbirte Sauerstoffgas und Kohlensäuregas Verbindungen ein, und diese Gase verschwinden als solche. Vermindert sich der Druck, und erhöht sich die Temperatur der circulirenden Gewässer: so entwickelt

sich das noch in Absorption gehaltene Stickgas aus denselben. Ist noch nicht aller Sauerstoff verbraucht: so entwickelt sich auch von ihm mehr oder weniger.

Im zerklüfteten Gebirge kommen die Gewässer in vielfache Berührung mit der in Klüften und Höhlen enthaltenen atmosphärischen Luft, wodurch die Absorption befördert wird. Wirkt überdies ein starker hydrostatischer Druck: so absorbiren die Gewässer mehr Luft, als unter dem einfachen Atmosphären-Drucke. Die in der nassen Jahreszeit mit Wasser erfüllten Klüfte und Höhlen entleeren sich theilweise in der trocknen, und die atmosphärische Luft bekommt dann Zutritt zu den leeren Räumen. Durch diesen Wechsel der Wasserstände in den unterirdischen Kanälen findet eine fortgesetzte Erneuerung der absorbirten Luft statt. Steigen solche Gewässer als Quellen auf: so ist es eine nothwendige Folge, dafs mit abnehmendem hydrostatischen Drucke die in der Tiefe unter höherem Drucke absorbirten Gase sich losreifsen, und in Blasen durch das Wasser aufsteigen.

Meteorwasser, welche mit den auf der Erdoberfläche absorbirten Gasen in tiefere und daher wärmere Schichten dringen, und als warme Quellen aufsteigen, lassen diese Gase um so leichter entweichen. So entwickelt sich aus den zahlreichen kalten Quellen in *Paderborn* wenig oder gar kein Gas. Je wärmer sie aber sind, desto mehr entwickeln sie. Aus den wärmsten (10°—13° R.) steigen fast ununterbrochen Gasblasen auf, welche aus 87 Th. Stickgas und 13 Th. Sauerstoffgas bestehen [1]).

Die warmen Schwefelquellen entwickeln besonders häufig Stickgas ohne Sauerstoffgas, welches zum Theil davon herrührt, dafs letzteres neben Schwefelwasserstoff nicht bestehen kann.

Das Stickgas rührt aber keineswegs in allen Fällen von atmosphärischer Luft her. Bei der Fäulnifs stickstoffhaltiger Substanzen unter Wasser entwickelt sich stets Stickgas [2]). Denselben Ursprung hat ohne Zweifel das Stickgas,

[1]) Bischof, Neues Jahrb. d. Chemie und Physik. 1833. Bd. VIII. S. 257 ff.

[2]) Nach Reiset's Versuchen (Jahresb. 1856. S. 806) wird bei der Fäulnifs von Mist oder Fleisch in sauerstoffhaltiger Luft viel Sauer-

welches sich aus warmen Quellen entwickelt, die stickstoffhaltige organische Substanzen enthalten. Vielleicht daſs die Bildung dieser Substanzen mit einer Ausscheidung von Stickgas verknüpft ist.

Unter den Gasen, welche sich bei vulkanischen Eruptionen entwickeln, findet sich gleichfalls Stickgas. Auch dieses Gas rührt entweder von der Atmosphäre oder von zersetzten stickstoffhaltigen Substanzen her. Die Gewässer, welche in den Heerd der Vulkane treten, halten, sie mögen Regen-, Quell- oder Meerwasser sein, atmosphärische Luft in Absorption. Indem sie dort als Wasserdampf exhalirt werden, kommen die absorbirten Gase zur Entwicklung. Das Sauerstoffgas mag zum Theil zur Oxydation brennbarer Stoffe, wie Schwefel, verwendet werden, das Stickgas entwickelt sich. Enthalten die in den Heerd der Vulkane dringenden Gewässer noch überdies stickstoffhaltige Substanzen, wie z. B. das Meerwasser, organische Ueberreste: so liefern letztere, nach ihrer Zersetzung durch das vulkanische Feuer, gleichfalls Stickgas. Vulkane, deren Krater in sedimentären Formationen sich befinden, wie der des *Vesuv*, liefern auch Stickgasexhalationen durch Zersetzung der darin enthaltenen organischen Ueberreste.

Nach Delesse[1]) enthalten die meisten Mineralien und Felsarten geringe Mengen stickstoffhaltiger organischer Substanz, und entwickeln bei dem Glühen mit Natronkalk etwas Ammoniak. In geschichteten Gesteinen ist der Gehalt an Stickstoff und organischer Substanz im Allgemeinen gröſser, als in krystallinischen Gesteinen; und in jenen um so geringer, je älter sie sind.

Keine einzige Erscheinung berechtigt uns, unbekannte Stickstoffverbindungen, oder gar freies Stickgas im Innern der Erde anzunehmen. Alle Stickgasentwicklungen lassen

---

stoff verzehrt, und Kohlensäure gebildet; gleichzeitig entwickelt sich ein erheblicher Theil des Stickstoffgehalts der Substanz als freies Stickgas. Geht die Zersetzung in einer hinreichend Sauerstoff enthaltenden Luft vor sich, so treten keine brennbaren Gase auf; theilweise unter Wasser befindlicher Dünger entwickelte aber bei der Fäulniſs Sumpfgas und Stickgas, während die darüber befindliche Luft nur wenig oder gar keinen Sauerstoff enthielt.

[1]) Jahresb. 1860 S. 99.

sich vom atmosphärischen Stickstoffe oder von stickstoffhaltigen organischen Ueberresten ableiten.

Unter allen Verbindungen, die der Stickstoff mit anderen unzerlegbaren Stoffen eingeht, ist es nur allein die mit Sauerstoff, welche auf directem Wege entstehen kann.

Durch starken Druck wird diese Verbindung nicht gebildet. Man hat Stickgas und Sauerstoffgas in einer mit wässerigem Kali und mit Quecksilber gesperrten Röhre 1620 F. tief in das Meer gesenkt, wo das Gemeng einem Drucke von 50 Atmosphären ausgesetzt war, und doch erfolgte keine Verbindung [1]). Auch in erhöhter Temperatur findet sie nur dann statt, wenn ein Gemeng aus Wasserstoffgas und Sauerstoffgas mit wenig Stickgas verbrennt. Ohne Mitwirkung einer andern Substanz verbindet sich der Stickstoff mit dem Sauerstoff, wenn durch ein Gemeng beider Gase eine grofse Zahl elektrischer Funken schlägt. Dies ist der einzige denkbare Procefs, wodurch in der Natur Salpetersäure auf directem Wege entstehen kann.

Die Salpeter-Bildung auf sedimentärem Gesteine (Kalkstein, Mergel, Sandstein) und im Alluvium setzt die Gegenwart Stickstoff-haltiger organischer Ueberreste voraus. Wärme befördert die Fäulnifs; mithin auch die Salpeter-Bildung. Defshalb finden wir salpetersaure Salze vorzugsweise in südlichen Ländern (*Frankreich*, *Spanien*, *Italien*, in sehr reicher Menge in *Ostindien*, *Persien*, *China*, *Aegypten*, *Amerika* u. s. w.).

Nach John Davy [2]) findet sich der Salpeter auf *Ceylon* in Höhlen eines feuchten und porösen Gesteins, welches aus kohlensaurem Kalk (26,5 Proc.) und Feldspath (60,7 Proc.), dessen Kali die Basis des Salpeters liefert, bestehen soll. Er fand in diesem Gesteine 2,4 Proc. salpetersaures Kali und 0,7 Proc. salpetersaure Magnesia; aber keine thierische Materie.

Er glaubt, dafs die Bildung der Salpetersäure in diesem Gesteine vorzugsweise auf Kosten des atmosphärischen Stickstoff und Sauerstoff erfolge. Der Mangel an thierischer Substanz in dem untersuchten Gesteine kann dazu nicht

[1]) Laroche in Schweigger's Journ. Bd. I. S. 123 u. 172.
[2]) Ann. de chim. et de phys. T. XXV. p. 209.

berechtigen, da es wahrscheinlich von der Oberfläche abstammend, dieselbe durch Oxydation zu Salpetersäure bereits eingebüfst hatte. Auch der Umstand, dafs sich der Salpeter nur auf der Oberfläche des Gesteins findet, kann nichts dafür beweisen; denn der im Innern auf Kosten der eingeschlossenen Ueberreste gebildete Salpeter wird, wenn das Gestein auf der Oberfläche in Berührung mit der Luft austrocknet, durch Capillarität als wässrige Flüssigkeit herausgeführt, und bleibt, nach Verdunstung des Wassers, auf dem Gesteine zurück. Es ist eine Efflorescenz, wie man sie so häufig an den Wänden poröser Gesteine findet, z. B. am Trasse, wo sich das efflorescirte Salz immer wieder auf der Oberfläche ansetzt, wenn es auch noch so oft weggenommen wird.

In dem Gesteine der Höhle von *Ouva* fand J. Davy 26,7 Proc. thierische Materie, 3,3 Proc. salpetersaures Kali und 3,5 Proc. salpetersauren Kalk, und in dem salpeterbildenden Gesteine aus *Bengalen* nur eine Spur thierischer Substanz, aber 8,3 Proc. salpetersaures Kali und 3,7 Proc. salpetersauren Kalk. In diesem letzteren Gesteine ist die thierische Materie ohne Zweifel gleichfalls gröfstentheils zur Salpeter-Bildung verbraucht worden.

Liebig[1]) ist der Meinung, dafs durch das in der Atmosphäre vorhandene Ammoniak salpetersaure Salze in Stoffen sich bilden können, die keine stickstoffhaltigen Substanzen enthalten, da die meisten porösen Körper Ammoniak in Menge verdichten. Schönbein[2]) glaubt annehmen zu können, dafs bei der Verwesung stickstoffhaltiger organischer Substanzen Ozon auftrete, und dafs dieses Agens es sei, welches zunächst den Stickstoff derselben in Salpetersäure umwandle.

Je nachdem das Gestein, in welchem der Verwesungs-Procefs organischer Ueberreste von Statten geht, Kali oder Natron enthält, wird sich Kali- oder Natron-Salpeter bilden. So findet sich letzterer in grofser Menge in *Peru;* gleichfalls in *Chili* bei *Iquique*[3]). Wo Alkalien fehlen, bildet

[1]) Agricultur-Chemie. S. 263.

[2]) Poggendorff's Ann. Bd. LXVII. S. 216.

[3]) Darwin's naturwissensch. Reisen, deutsch von Dieffenbach Th. II. S. 136. Der Reichthum an salpetersaurem Natron ist hier so

sich Kalksalpeter, den man auch als Efflorescenz in manchen Gegenden *Afrika's*, *Spaniens* u. s. w. an Mauern und in Kalkhöhlen findet.

Wie die Salpetersäure, so ist auch das Ammoniak ein Product der Zersetzung organischer Ueberreste; mit dem Unterschiede, dafs letzteres nicht blos durch Fäulnifs und Verwesung, sondern auch durch Glühhitze aus diesen Ueberresten producirt wird. Bei Fäulnifsprocessen scheint die Bildung des Ammoniak der der Salpetersäure voraus zu gehen.

Eine directe Vereinigung des Stickstoffs mit Wasserstoff hat man bisher nicht zu Stande bringen können.

Th. de Saussure fand schon im Jahr 1804, dafs eine Lösung von schwefelsaurer Thonerde, der Luft ausgesetzt, in Ammoniakalaun umgewandelt wird. Liebig[1]) wies die Gegenwart des Ammoniak in der atmosphärischen Luft direct nach. Graeger[2]) fand in 36 Cubikfufs Luft 0,4575 Milligramm. Nach Ville[3]) ist die in der Luft enthaltene Menge Ammoniak kaum zu bestimmen, wenn man alle zufälligen Aushauchungen vermeidet. Liebig und Boussingault nehmen an, dieses Ammoniak sei schon vor der Erscheinung des organischen Reichs in der Atmosphäre vorhanden gewesen[4]). Diese Annahme ist gewifs unrichtig.

Die Gegenwart des Ammoniak in Eisenerzen und in Eisenoxydhydrat, welches sich durch Rosten des Eisens an der Luft bildet, dasjenige, welches nach Faraday's Versuchen beim Glühen von Kalihydrat mit stickstofffreien Substanzen erhalten wird, leitet Liebig[5]) stets vom Ammoniakgehalte der atmosphärischen Luft ab.

---

grofs, dafs in einem Jahre für 100000 L. Sterling nach *Frankreich* und *England* ausgeführt wurde.

[1]) A. a. O. S. 56.

[2]) Archiv der Pharmacie. Bd. XLIV. S. 35.

[3]) Compt. rend. T. XXXI. p. 578.

[4]) Die Landwirthschaft, deutsche Uebers. Bd. II. S. 461 u. Journ. für pract. Chem. Bd. III. S. 160.

[5]) A. a. O. S. 282 ff. Die Bildung des Ammoniak beim Rosten des Eisens mag, wenigstens theilweise, auf Kosten des Wassers erfolgen; denn Eisenfeile, unter Wasser liegend, entwickelt nach Versuchen meines Sohns Carl Wasserstoffgas. Bei einer so langsamen Ent-

Der Ammoniakgehalt der Wasserdämpfe in den Suffioni *Toscana's* soll, nach Liebig[1]), nicht von thierischen Organismen abstammen, sondern vor allen lebenden Generationen vorhanden gewesen sein.

Indessen ist zu bemerken, daſs diese Exhalationen aus sedimentären Kalksteinen kommen, welche stets organische Ueberreste enthalten. Die Schichten dieses Gesteins sind stark geneigt, weshalb zu vermuthen ist, daſs sie bis zu bedeutender Tiefe reichen. In der Nähe des *Lago di Monte Rotondo* hat man Bohrversuche angestellt und schon in einer Tiefe von 45 bis 60 Fuſs die Temperatur des kochenden Wassers erreicht. In diesen Tiefen brechen die Dampfstrahlen mit unwiderstehlicher Gewalt hervor[2]). Nichts ist daher leichter zu begreifen, als daſs schon in so geringen Tiefen durch Zersetzung organischer Ueberreste Ammoniak entwickelt wird.

Selbst wenn auch keine organischen Ueberreste in dem Gestein, aus welchem die Suffioni kommen, vorhanden sein sollten: so enthalten ja die Gewässer, sie mögen von der Erdoberfläche oder vom Meere abstammen, stets organische Substanzen. Da endlich auch krystallinische Gesteine organische Ueberreste enthalten: so finden siedendheiſse Wasserdämpfe, welche durch diese strömen, gleichfalls Material zur Bildung von Ammoniak.

Auch heiſse Quellen, namentlich die Schwefelquellen, enthalten Material zu dieser Bildung in dem sogenannten Baregin. Welche Quantitäten dieser stickstoffhaltigen Substanz durch solche Quellen zu Tage gefördert werden, zeigen *Aachens* und die *Euganeischen* Thermen. Es ist nicht wahrscheinlich, daſs diese Substanz die Tagewasser, während ihres Filtrirens durch die Dammerde, aufnehmen; denn sonst müſsten wir sie auch in kalten Quellen in eben solcher Menge finden. Viel wahrscheinlicher ist es, daſs die bis zu groſser Tiefe dringenden und dort in heiſsen Regionen erhitzten Gewässer sedimentäre, mit organischen Ue-

---

wicklung dieses Gases mag wohl eine Verbindung mit dem atmosphärischen Stickgase erfolgen.

[1]) A. a. O. S. 102.

[2]) Bunsen in den Ann. der Chemie u. Pharm. Bd. XLIX. S. 267.

berresten beladene Gesteine auslaugen. Berücksichtigt man indefs, dafs Schwefelquellen durch gegenseitige Zersetzung schwefelsaurer Salze und organischer Substanzen entstehen: so ist es höchst wahrscheinlich, dafs das Baregin ein solches Zersetzungsproduct ist. Demgemäfs würde es als solches keineswegs in sedimentären Gesteinen enthalten sein.

Als Absatz aus kalten Gewässern erscheint der Salmiak im Kochsalz. A. Vogel[1]) erhielt wenigstens aus dem Kochsalz von *Friedrichshall*, *Rosenheim*, *Kissingen*, *Oeb* und *Dürkheim*, so wie aus dem Steinsalz von *Hall* in *Tyrol* bei trockner Destillation Salmiak, und Heine[2]) wies auch in den Mutterlaugen der Soolen von *Halle* Salmiak nach.

Würdigt man alle diese Thatsachen, so kann man unmöglich die Wasserdämpfe der Suffioni etwa von einem Urwasser ableiten, welches nie mit lebenden Generationen in Berührung gekommen wäre. — Ueberdies spricht Payen ausdrücklich von organischen Substanzen, von einem odeur de marée in den condensirbaren Producten der Dämpfe.

Das Ammoniak in Eisenerzen ist leicht zu erklären; denn diese wie alle Erze sind Absätze aus Gewässern. Dieses Ammoniak stammt von organischen Substanzen ab, welche in den Gewässern enthalten waren, aus denen sich jene Eisenerze abgesetzt haben. Es kann sogar nicht befremden, wenn das Eisenoxydhydrat, welches wir in einem krystallinischen Gesteine, etwa im Basalt finden, Ammoniak enthält; denn es ist durch Zersetzung von Mineralien, welche Eisenoxyduloxydsilicate enthalten, durch eingedrungene Gewässer entstanden, welche einen Theil ihrer aufgelösten organischen Substanzen abgesetzt haben.

Selbst aber wenn in dem Eisenglanze, der im Krater des *Vesuv* sich findet, Ammoniak nachgewiesen werden sollte, so würde auch dieses nicht für eine ursprüngliche Bildung zu halten sein. Unter den Auswürflingen dieses Vulkans findet sich Salmiak. Der Ausbruch im Jahr 1794 lieferte ihn in solcher Menge, dafs die Bauern ihn centnerweise sammelten. Damit ist die Gegenwart des Ammoniak im *Vesuv* unbestreitbar nachgewiesen; es könnte daher

[1]) Journ. für pract. Chemie. Bd. II. S. 290.
[2]) Karsten's und v. Dechen's Archiv. Bd. XIX. S. 25.

nicht befremden, wenn wir in diesem Vulkan Ammoniak in Verbindung mit Eisenoxyd fänden. Da der Krater dieses Vulkans sich im sedimentären Kalkstein befindet: so liegt es nahe, den Ursprung des Ammoniak in den organischen Ueberresten dieses Gesteins zu suchen. Unter diesen Auswürflingen finden sich auch häufig Kalksteine mit Lava zusammengebacken.

Während der letzten Eruption des *Hekla* (Sept. 1845) fand sich Salmiak in solchen Quantitäten, dafs man ihn zum Gegenstande einer technischen Benutzung hätte machen können. Bunsen[1]) bewies durch eigene Beobachtungen und durch Zeugnisse glaubwürdiger Bewohner *Islands*, dafs diese Salmiak-Sublimationen nur so weit reichten, als die Lava einen mit Vegetation bedeckten Boden überfluthete. Dadurch wurden die irrigen Voraussetzungen von Wattershausen[2]), dafs dieser Salmiak auf Kosten der atmosphärischen Luft entstanden sei, widerlegt.

Auch Scacchi[3]) und Ranieri[4]) fanden bei einer Eruption des *Vesuv* im Jahre 1850 nur da Salmiak, wo die Laven den Culturboden erreichten; Scacchi ist defshalb der Ansicht, dafs derselbe immer aus organischen Substanzen entstehe, womit sich freilich nicht vereinigen lasse, dafs sich an der Solfatara von *Puzzuoli* derselbe immer bildet. Gegen das Letztere ist jedoch zu bemerken, dafs sich aus dieser Solfatara auch Schwefelwasserstoffgas immer entwickelt, welches wie der Salmiak die Gegenwart von organischen Ueberresten voraussetzt.

Deville[5]) hat als die bedeutendste Höhe, bis zu welcher Salmiak-Fumarolen sich auf der Vesuvlava vor dem Ausbruche vom Mai 1855 zeigten, 630 Meter gefunden; als die Höhe, bis zu welcher dieselben reichlicher vorkommen, 400 Meter.

Selbst wenn der Krater und die Kanäle eines Vulkans nicht durch sedimentäre Gesteine gehen, aber eine

---

[1]) Compt. rend. T. XXIII. 1846. — Ann. der Chem. u. Pharm. Bd. LXV. S. 73.

[2]) Physisch-geograph. Skizze von Island. 1847. S. 115.

[3]) Jahresb. 1850. S. 770.

[4]) Ebend. 1857. S. 717.

[5]) Ebend.

Communication mit dem Meere stattfindet, so dafs die Dampfentwicklungen des Vulkans vom Meerwasser herrühren: so bieten die organischen Ueberreste des letzteren hinlängliches Material zur Bildung von Salmiak (S. 621). Bei allen in der Nähe des Meeres gelegenen Vulkanen zeigt sich also eine nahe liegende Quelle dieses Salzes. So scheint der Salmiak nach Breislak in den Dämpfen der Solfatara von *Puzzuoli* immer vorhanden zu sein. Ebenso kennt man ihn, meist mit Schwefel gemengt, auf *Vulcano*. Am *Aetna* soll er, nach Ferrara[1], zuweilen in so ansehnlicher Menge gefunden worden sein, dafs man einen ganz einträglichen Handel damit getrieben hat. Auch auf den Laven von *Lancerote*, von der Eruption von 1824, zeigte er sich. In unermefslicher Menge wird er von den Vulkanen in *Centralasien* vom *Ho-t-scheou* oder Vulkan von *Turfan* und vom *Pe-Schan*, oder Vulkan von *Kutsché* ausgeworfen. Er wird gesammelt und als Handelsartikel durch ganz *Asien* verbreitet. Aufserdem findet man Salmiakdämpfe zwischen *Samarkand* und *Farghara* u. s. w.

Was wir von diesen Vulkanen wissen, hat Alex. v. Humboldt aus verschiedenen Itinerarien gesammelt[2]). Die Entfernung des *Peschan* von irgend einem grofsen Meere ist zwischen 300 und 400 geogr. Meilen; 45 Meilen davon entfernt liegt aber der See *Temurtu* oder *Issikul*, welcher 17 bis 18 Meilen lang und 6 bis 7 breit ist, und warmes, salziges und eisenhaltiges Wasser zu enthalten scheint.

Aus den, wenn auch unvollständigen, Nachrichten scheint so viel hervorzugehen, dafs die Salmiakdämpfe von Wasserdämpfen begleitet werden. Wenn aber Wasserdämpfe gegenwärtig sind, so ist entweder anzunehmen, dafs es salzige und organische Substanzen haltende Gewässer sind, welche in den erhitzten Heerd des Vulkans dringen und darin abdampfen, oder dafs es, mit organischen Ueberresten getränkte sedimentäre Gesteine sind, zu welchen salzige Gewässer Zutritt haben.

Nichts berechtigt uns zur Annahme, dafs in irgend

---

1) Ferrara Campi flegr. p. 286.

2) Poggendorff's Ann. Bd. XVIII. S. 332 ff.

einem Vulkane Ammoniak aus seinen Bestandtheilen auf directem Wege producirt werden könne. Es mag sein, dafs man geneigt wäre, auch hierbei zu dem so oft mifsbrauchten Drucke Zuflucht zu nehmen. Dafs sich aber bei einem 50-fachen Atmosphären-Drucke in gewöhnlicher Temperatur Wasserstoffgas nicht mit Stickgas verbindet, wissen wir. Sollte man etwa annehmen, dafs dies in hoher Temperatur geschehen könne: so ist zu erwidern, dafs in der Glühhitze Ammoniak in seine Bestandtheile zerlegt wird.

Die Salmiak-Sublimationen bei Erdbränden zeigen auf eine auffallende Weise, was geschieht, wenn in hoher Temperatur Gewässer mit Gesteinen in Berührung kommen, die organische Ueberreste enthalten.

Aus den Spalten des Schieferthons auf dem sogenannten brennenden Berge zu *Duttweiler* bei *Saarbrücken* entwickeln sich ununterbrochen fort heifse Wasserdämpfe und heifse Luft, und es setzen sich darin manchmal Salmiakkrystalle ab. Diese Dampfentwicklung setzt einen ununterbrochenen Zutritt von Wasser zum erhitzten Gesteine voraus. Wahrscheinlich liefern diese Gewässer das nöthige Kochsalz oder andere Chlorüre, um das aus organischen Ueberresten in den Steinkohlen oder in dem Schieferthone entwickelte Ammoniak in Salmiak umzuwandeln. Es sind mithin Processe, wie wir sie ohne Schwierigkeit auch im Heerde der Vulkane *Asiens* uns denken können.

Auch an anderen Orten, wie zu *St. Etienne* bei *Lyon*[1]), zu *New-Castle*, am *Glan* in *Rheinbaiern* findet sich Salmiak als Sublimat von Kohlenbränden.

Aus vorstehenden Betrachtungen ergibt sich, dafs wir nur einen einzigen unorganischen Procefs kennen, wodurch eine Stickstoffverbindung ohne Gegenwart organischer Stoffe oder Ueberreste gebildet wird, und von dem man vermuthen kann, dafs er in der Natur stattfindet: es ist die schon bemerkte Bildung der Salpetersäure, wenn eine grofse Anzahl elektrischer Funken durch atmosphärische Luft schlägt.

Von 77 Regenwasser-Rückständen, welche Liebig[2])

---

[1]) Ann. de chim. et de phys. T. XXI. p. 158.

[2]) A. a. O. S. 298.

analysirte, enthielten 17, durch Verdampfung von Gewitter-Regenwasser erhalten, mehr oder weniger Salpetersäure, welche theils an Kalk, theils an Ammoniak gebunden war. In den 60 anderen Rückständen enthielten nur zwei Spuren von Salpetersäure.

Zwar ist es Schönbein in neuester Zeit gelungen, auch eine auf anderem Wege stattfindende unmittelbare Bildung von salpetrigsaurem und salpetersaurem Ammoniak aus dem Stickstoffe der Luft zu beweisen. Indeſs kann man die Mittel, welche er angewandt hat, in der Natur nicht voraussetzen, doch hält er es nicht für unwahrscheinlich, daſs eine solche Nitritbildung noch in manchen andern Fällen durch langsame Oxydation in atmosphärischer Luft stattfinde, und daher die zwar kleinen, aber doch nachweisbaren Mengen von salpetrigsaurem Ammoniak herrühren, die er in jedem atmosphärischen Wasser, sei es Schnee oder Regen, angetroffen hat[1]).

Die Menge dieser Salpetersäure ist nicht bestimmbar: denn 200 bis 300 Pfund filtrirtes Regenwasser liefern blos einige Gran eines gefärbten Rückstandes, wovon das salpetersaure Salz nur einen Bruchtheil ausmacht. Mit Recht hält Liebig die Analyse des Quell- und Fluſswassers für weit geeigneter, die Menge der durch Einfluſs der Elektricität in der Atmosphäre gebildeten Salpetersäure zu schätzen. Sollte diese Säure im Regenwasser im freien Zustande vorhanden sein: so würde sie beim Abdampfen entweichen, und der Rückstand würde keine Spur davon enthalten. Das Wasser der Quellen, Bäche und Flüsse ist Regenwasser, welches, wenn es Salpetersäure enthält, beim Filtriren durch die Erde, in welcher Kalk und alkalische Basen nie fehlen, salpetersaure Salze empfangen muſs. Nun geht aus Göbel's Beobachtungen hervor, daſs durch Verdunstung des Wassers des *Charysacha*-Flusses dem *Elton-See* jährlich 47777 Millionen Pfund Salz zugeführt werden. Welche bedeutende Wassermenge verdunsten muſs, um diese Menge Salz abzusetzen, ergibt sich daraus, daſs das Wasser jenes Flusses nicht ganz 5 Proc. an Salzen enthält. Der *Charysacha* entspringt etwa 40 Werste

---

[1]) Buchner's neues Repert. für Pharm. Bd. X. S. 208.

vom *Elton-See* und erhält sein Wasser durch den im Gebirge fallenden Regen und Schnee. Sollte daher die Salpetersäure ein merkbarer Bestandtheil des Regenwassers sein: so müfste sie sich in jenem Salzabsatze finden; Göbel fand aber weder in diesem Absatze noch im Wasser des Flusses Spuren von salpetersauren Salzen. Ebenso wenig hat man bis jetzt im Wasser des *Nil*, der *Seine*, der *Themse*, des *Rhein* die Existenz salpetersaurer Salze dargethan.

Liebig schliefst hieraus, dafs in *Europa* die Menge der Salpetersäure, welche die Erde durch den Regen empfängt, verschwindend klein sei. Da die Zahl der Gewittertage in den meisten Gegenden nur durchschnittlich 12, in vielen nur 8 beträgt: so mufs es schon defshalb unmöglich erscheinen, die Gegenwart der Salpetersäure im Quell- und Flufswasser nachzuweisen.

Unter dem Aequator, wo die Gewitter häufiger sind, wo in den *Andes*, nach Boussingault, die Atmosphäre fast ununterbrochen fort von elektrischen Entwicklungen durchzuckt wird, liefse sich denken, dafs der Salpetersäure-Gehalt des Regenwassers bemerklich gröfser sei. Wird er jedoch, meint Liebig, nach den bekannten Untersuchungen von Quell- und Flufswasser beurtheilt, z. B. nach den Analysen des Wassers von *Paipa* bei *Tunga*, des Wassers des *Rio vinagré* und der heifsen Mineralquellen der *Cordilleren* (nach Boussingaults Untersuchungen): so scheint in den Tropen-Gegenden keine bemerklich gröfsere Menge Salpetersäure, als in den gemäfsigten Zonen, erzeugt zu werden.

Dagegen bemerken wir, dafs geringe Mengen salpetersaurer Salze dem Chemiker, wenn sein Augenmerk nicht besonders darauf gerichtet ist, und er nicht grofse Quantitäten Wasser abdampft, leicht entgehen können. Dieser Fall möchte bei den vorstehenden Untersuchungen leicht stattgefunden haben. Das Beispiel des Fluor und der Phosphorsäure zeigt, wie geringe Quantitäten mancher Stoffe in Gewässern den Chemikern lange entgehen können. Wir geben aber zu, dafs in laufenden Quellen nie so viele salpetersaure Salze und in solcher Menge gefunden werden dürften, wie in Brunnen grofser Städte.

Pagenstecher und Müller[1]) fanden, dafs auch die in die Stadt *Bern* geleiteten Quellen salpetersaure Magnesia enthalten. Sie berechnen, dafs die gefafsten Brunnen 6387,72 Pfund salpetersaure Salze jährlich der *Aar* zuführen, wobei das salpetersaure Ammoniak, welches sie enthalten, nicht mitgerechnet ist, aber leicht einige Centner betragen kann.

Wenn durch die vorstehenden Untersuchungen von 10 Quellen, welche allerdings aus einem sedimentären Gesteine kommen, die Gegenwart salpetersaurer Salze und vorzugsweise salpetersaurer Magnesia dargethan worden: so ist doch wohl nicht zu erwarten, dafs dies eine Eigenthümlichkeit jener Quellen sei. Vielmehr wird man diese Salze, wenn man nur nach ihnen sucht, und zu diesem Ende grofse Quantitäten Wassers abdampft, gewifs in sehr vielen Quellen finden. Der Salpetergehalt in den Brunnen grofser Städte, der von Berzelius in denen *Stockholms* zuerst nachgewiesen worden, kommt hierbei nicht in Betracht; denn dieser rührt unstreitig von den stickstoffhaltigen Substanzen der Kloaken u. s. w. her.

Ob die Salpetersäure der salpetersauren Magnesia in jenen Quellen *Berns* blos von organischen Ueberresten im Sandsteine herrühre, oder ob sie theilweise meteorischen Ursprungs ist, lassen wir dahin gestellt. Aus dem Nichtfinden salpetersaurer Salze in Quellen, in denen man nicht danach suchte, oder nicht suchen konnte, weil man zu geringe Quantitäten Wassers abgedampft hatte, kann man nur nicht schliefsen, ob die Salpetersäure, welche die Erde durch den Regen erhält, eine Bedeutung habe oder nicht.

Wenn übrigens die *Aar* wenigstens diejenigen salpetersauren Salze enthält, welche ihr die *Berner* Brunnen zuführen: so mufs sie auch der *Rhein*, in welchen jene sich ergiefst, und folglich auch das Meer enthalten. Ebenso gewifs ist es, dafs die Regenwasser, welche das cultivirte Land auslaugen, die in demselben durch Fäulnifs organischer Ueberreste gebildeten salpetersauren Salze aufneh-

[1]) Mittheilungen der naturforschenden Gesellschaft in *Bern* aus dem Jahr 1844. S. 149.

men und fortführen. Ob in diesen Flüssen und im Meere diese Salze nachgewiesen werden können oder nicht, ist einerlei; denn es ist gewifs nicht nöthig, eine Flüssigkeit auf eine Substanz zu prüfen, die vor unsern Augen in dieselbe gelangt. Ist übrigens, wie aus Liebig's eigenen Versuchen hervorgeht, der Salpetersäure-Gehalt im Gewitter-Regenwasser eine Thatsache: so mufs derselbe an den, in einer Quelle oder in einem Flusse vorhandenen salpetersauren Salzen Antheil haben.

Erwägt man, dafs diese Salpetersäure-Erzeugung seit der Erscheinung des ersten Gewitters in der Atmosphäre von Statten geht, so ist wohl zu begreifen, wie diese Salpetersäure bis auf den heutigen Tag eine bedeutende Gröfse werden konnte.

Die in der Atmosphäre gebildete Salpetersäure wurde, wie in der Jetztzeit, vom Regen auf die Erdoberfläche herabgeführt, wo sie theils zur Zersetzung von Gebirgsarten beigetragen, theils mit den im Meere aufgelösten Salzbasen (Kalk, Magnesia u. s. w.) sich verbunden hat. In beiden Fällen wurden salpetersaure Salze gebildet, die sich im Meere anhäufen mufsten.

Konnten aber diese salpetersauren Salze den Land- wie den Meerespflanzen Stickstoff liefern? Kuhlmann[1]) fand, dafs salpetersaures Natron, wie Ammoniaksalze, dem Boden zugesetzt, als Dünger wirken. Auch nach Boussingaults[2]), Barclay's und Gourcy's Versuchen und Erfahrungen vermehrt das salpetersaure Natron die Production der vegetabilischen Materie.

Die chemische Analyse hat im Steinsalze, welches ein unzweifelhafter Absatz aus dem Meerwasser ist, bis jetzt keine salpetersauren Salze nachgewiesen. Ebenso wenig konnte Heine[3]) in den Salzsoolen der Preufsischen Provinz *Sachsen* Salpetersäure auffinden. Es ist jedoch unzweifelhaft, dafs dem Meere seit der Schöpfungsperiode salpetersaure Salze zugeführt worden sind und noch zugeführt werden. Es liegt daher nahe, das, was im Meerwasser

[1]) Compt. rend. 1843. T. XVII. No. 20. p. 1118.

[2]) A. a. O. Bd. II. S. 130.

[3]) Karsten's und v. Dechen's Archiv u. s. w. Bd. XIX. S. 27.

fehlt, oder wahrscheinlich darin nur in sehr geringer Menge nachgewiesen werden kann, in den stickstoffhaltigen Bestandtheilen der Pflanzen und Thiere zu suchen, welche im Meerwasser entstanden und untergegangen sind, und deren, in den Sedimenten begrabene Reste dem allgemeinen Kreislaufe entzogen worden sind und noch entzogen werden.

Angenommen, Graegers Analyse (S. 634) gebe die wahre Menge des Ammoniak in der Atmosphäre an: so gibt sie für eine Luftsäule von 1 Quadratfufs Fläche 4,76 Gran. Denkt man sich dieses Ammoniak als eine liquide Flüssigkeit von der Dichtigkeit des Wassers: so würde es eine Schicht von 0,135 Linie Höhe bilden. In 4,76 Gran Ammoniak sind 3,921 Gran Stickstoff enthalten. Dies ist also die ganze Menge, welche die auf einem Quadratfufs wachsenden Pflanzen aufnehmen könnten, wenn sie alles Ammoniak bis zum Ende der Atmosphäre aufnähmen. Nach Chevandier[1]) verhält sich der Kohlenstoff zum Stickstoffe im Buchenholz, wie 1800 : 34; nach Liebig[2]) producirt ein Quadratfufs Land jährlich $\frac{1}{40}$ Pfund Kohlenstoff; das auf dieser Fläche wachsende Buchenholz fordert daher jährlich 3,627 Gran Stickstoff. Dies ist fast so viel, als die Menge des Stickstoffs in dem in einer Luftsäule von 1 Quadratfufs Fläche enthaltenen Ammoniak. Demnach verbraucht ein Buchenwald in 13 Monaten die ganze Menge Ammoniak, welche in der auf ihm ruhenden Atmosphäre enthalten ist. Dieses Ammoniak würde daher schon längst erschöpft sein, wenn die oft hundert und mehrere Jahre fortdauernde Vegetation der Wälder blos auf seine Kosten von Statten ginge.

Denkt man sich ein Land, wovon $\frac{1}{50}$ der Fläche Wald und $\frac{49}{50}$ Felder und Wiesen wären: so würde ersterer in 54 Jahren alles Ammoniak in der Atmosphäre, welche auf dem ganzen Lande ruht, absorbiren. In der zweiten 54-jährigen Periode würde sich die Vegetation des Waldes und auf den Feldern und Wiesen in das im Kreislaufe begriffene Ammoniak theilen; mithin dort wie hier kümmerlich werden. Nach einem mehrmals wiederholten Tur-

[1]) Compt. rend. 1844. No. 3 u. 5.
[2]) A. a. O. S. 99.

nus würde das atmosphärische Ammoniak bis auf ein Minimum herabkommen, die Vegetation würde immer kümmerlicher werden, und endlich ganz aufhören.

Durch Versuche habe ich gefunden [1]), daſs beim Verbrennen des Holzes bei weitem der gröſste Theil der stickstoffhaltigen Bestandtheile desselben in Stickgas zersetzt wird; mithin nur eine äuſserst geringe Menge Ammoniak in die Atmosphäre übergeht. Durch dieses Verbrennen werden also immerfort Stickstoffverbindungen zerstört. Auch durch die Fäulniſs erfolgt theilweise eine solche Zersetzung, wodurch, wie schon bemerkt wurde (S. 630), gleichfalls Stickgas entwickelt wird.

Das brennbare Grubengas, welches sich in Folge fortschreitender Zersetzung der Steinkohlen entwickelt, ist stets von Stickgas begleitet. Nach meiner Untersuchung dreier solcher Gasexhalationen aus dem Steinkohlen-Gebirge, beträgt dieses Stickgas 2, 5 bis 15 Proc. Es kann nicht von atmosphärischer Luft herrühren, da Sauerstoffgas fehlt, und das Gas mit Pressung sich entwickelt; es hat daher denselben Ursprung, wie das begleitende brennbare Gas, nämlich aus Steinkohlen. Aus den in Sümpfen und stehenden Gewässern faulenden organischen Substanzen entwickelt sich gleichfalls mit dem brennbaren Sumpfgase Stickgas. Es ist hieraus zu schlieſsen, daſs diese Stickgas-Entwicklung den Zersetzungsproceſs vom ersten bis zum letzten Stadium begleitet. Die organischen Stickstoff-Verbindungen in den Pflanzen, welche das Material zu den Steinkohlen geliefert haben, kehren daher als solche nicht mehr in den Kreislauf zurück. Nach ihrer völligen Zersetzung wird aber ihr Stickstoff wieder ein Eigenthum der Atmosphäre. Das Ammoniak, welches beim Verbrennen der Steinkohlen in die Atmosphäre übergeht, ist gewiſs nur ein sehr kleiner Bruchtheil der ursprünglichen Stickstoff-Verbindungen. Die pflanzlichen Substanzen, welche in Graphit umgewandelt wurden, haben höchst wahrscheinlich allen ihren Stickstoff als Stickgas wieder an die Atmosphäre abgegeben.

Wir sehen, wie gerade die gröſsten Quantitäten orga-

[1]) I. Aufl. Bd. II. S. 132.

nischer Stickstoff-Verbindungen, welche die Natur in den frühesten Zeiten der organischen Periode geschaffen hat, keineswegs als Ammoniak, sondern als Stickgas in die Atmosphäre zurückkehren.

Es ist daher eine Nothwendigkeit, dafs, wenn nicht endlich alle Stickstoff-Verbindungen untergehen sollen, täglich neue aus dem atmosphärischen Stickgase erzeugt werden müssen.

Ob es aufser den unorganischen Processen, wodurch Salpetersäure in der Atmosphäre durch elektrische Funken oder auf dem von Schönbein angegebenen Wege gebildet wird, auch einen organischen Procefs gebe, wodurch Stickstoff-Verbindungen entstehen, ist noch nicht entschieden. Mulder[1]), Ville[2]) und Mène[3]) schliefsen aus ihren Versuchen, dafs durch die Pflanzen Stickgas aus der Atmosphäre direct assimilirt werde. Zu demselben Resultate kam die Commission, welche die Pariser Akademie zur Prüfung der Untersuchungen von Ville niedergesetzt hatte[4]).

Boussingault[5]), Barral[6]), Lawes, Gilbert und Pugh[7]) haben sich auf Grund ihrer Versuche gegen eine solche Assimilation des freien Stickstoff erklärt. Die drei letzteren Forscher machen indessen darauf aufmerksam, dafs während auch ihre Versuche gegen die Assimalation des freien Stickstoff durch die Pflanzen sprechen, andererseits der Stickstoffgehalt, welcher in den auf einer gewissen Fläche wachsenden Pflanzen, namentlich Leguminosen, enthalten ist, sich nicht genügend aus der denselben nachweisbar zukommenden Menge von gebundenem Stickstoff erklären läfst[8]).

---

[1]) Bulletin des Sciences ph. et nat. en Néerlande 1840.

[2]) Compt. rend. T. XXXI. p. 578; Jahresb. 1850. S. 551; 1852. S. 672; 1854. S. 646; 1856. S. 681.

[3]) Ebend. 1854. S. 643.

[4]) Ebend. 1855. S. 705.

[5]) Ebend. 1854. S. 643.

[6]) Ebend. 1857. S. 512.

[7]) Ebend.

[8]) Jahresb. 1860. S. 525.

Kapitel XII.

Der Kohlenstoff.

Bei weitem der meiste Kohlenstoff auf und in der Erde findet sich in den sedimentären Formationen als eine secundäre Bildung. Im concentrirtesten Zustande kommt er in den Stein- und Braunkohlen vor. Dafs diese Gebilde die Reste einer untergegangenen Pflanzenwelt sind, zeigen die noch wohl erkennbaren Formen von Pflanzen und Pflanzentheilen in denselben. Die Kohlenstoff-haltigen Massen in Mineralien stammen gleichfalls von untergegangenen Pflanzen und Pflanzentheilen ab.

A. Graphit.

Der Graphit findet sich meist in Gneifs, Glimmerschiefer und Thonschiefer als Lager, die nicht selten sehr regelmäfsig sind, eingesprengt, in Nestern und auf Gängen im Granit und Porphyr und auf Magneteisen-Lagerstätten. Im Gneifs bei *Passau* vertritt er die Stelle des Glimmer.

Wären die genannten krystallinischen Gesteine plutonischen Ursprungs: so würde, wenn der Graphit in der feuerflüssigen Masse vorhanden gewesen wäre, dasselbe geschehen sein, was in unsern Eisenhochöfen geschieht: es würden die Eisenoxydul- und Eisenoxydsilicate reducirt worden sein. Wäre auch das reducirte Eisen später durch eindringende Gewässer wieder oxydirt worden: so müfste doch Eisenoxydhydrat als Rest des früherhin reducirten Eisen, neben den Eisenoxydulsilicaten gefunden werden.

Wären Gneifs, Glimmerschiefer u. s. w. auf plutonischem Wege metamorphosirte Gesteine: so würden die Silicate der Eisenoxyde während der Metamorphose gleichfalls reducirt worden sein; denn diese Oxyde werden schon in mäfsiger Hitze von Kohlenwasserstoff- und Kohlenoxydgas reducirt. Diese brennbaren Gase würden sich aber aus den organischen Ueberresten in den sedimentären Gestei-

nen, welche metamorphosirt worden wären, entwickelt haben.

Als ich gepülverten Basalt mit so viel Graphit gemengt, als zur Reduction seiner Eisenoxyde erforderlich war, schmolz, zeigten sich in der erkalteten Masse glänzende Pünktchen metallischen Eisens, und beim Kochen der gepülverten Masse mit verdünnter Schwefelsäure entwickelte sich Wasserstoffgas. Beim Glühen der gepülverten Masse mit Kupferoxyd entwickelte sich eine geringe Menge Kohlensäuregas. Es war mithin noch etwas Graphit vorhanden.

Ist daher der Graphit eine mit den übrigen Gemengtheilen krystallinischer Gesteine gleichzeitige Bildung: so können diese Gesteine nicht auf plutonischem Wege entstanden sein. Sollte er aber später eingeführt worden sein: so hätte dies nur durch Verdrängung anderer Mineralien erfolgen können.

Graphit kommt auch sehr häufig im körnigen Kalk, und darin nicht selten mit Mineralien, welche Silicate von Eisenoxyden enthalten, wie Hornblende, Augit u. s. w. vor. Wäre körniger Kalk, nach der Vorstellung der Plutonisten, ein auf plutonischem Wege metamorphosirter sedimentärer Kalkstein: so würde der Graphit nicht blos jene Silicate, sondern auch den kohlensauren Kalk in Kalk und Kohlenoxydgas zersetzt haben. Man könnte daher keine Spur von ihm mehr finden.

Glüht man körnigen Kalk, der durch feineingesprengten Graphit schwarzlich-grau gefärbt ist: so kann man die Entwicklung von Kohlensäure- und Kohlenoxydgas wahrnehmen.

Zu den Einschlüssen des körnigen Kalk von *Auerbach* an der *Bergstrafse* gehört auch Magnetkies, von welchem die Entwicklung des Schwefelwasserstoffgases herrührt, wenn derselbe mit Salzsäure behandelt wird. Laugt man diesen kohlensauren Kalk mit heifsem Wasser aus: so findet man im Wasser kaum merkliche Spuren von schwefelsaurem Kalke; laugt man ihn hingegen, nachdem er vorher stark geglüht worden, aus: so zeigt sich eine so merkliche Quantität dieses schwefelsauren Salzes, dafs Chlorbaryum einen reichlichen Niederschlag gibt. Dies

zeigt ganz entschieden, dafs der in Rede stehende körnige Kalk, im Gemenge mit Magnetkies, kein plutonisches Feuer ausgehalten haben könne.

Wir werden später sehen, dafs der körnige Kalk nur eine Bildung auf nassem Wege sein kann. Es bleibt daher für den darin enthaltenen Graphit und für die übrigen Begleiter keine andere Bildungsart übrig.

Selbst der reinste Graphit enthält noch Spuren von Asche. Eine der reinsten Arten, der Graphit von *Wunsiedel*, enthielt nach Fuchs[1]) noch 0,33 Proc. Asche. Dumas und Stafs[2]), sowie Erdmann und Marchand[3]) erhielten beim Verbrennen des vorher sorgfältigst gereinigten Graphit noch einen Rückstand (Kieselsäure). In den unreinen Arten steigt die Menge des beigemengten Eisen, der Kalk- und Thonerde, bis auf 37 Proc. Dafs das Eisen dem Graphit nur beigemengt sei, haben Karsten[4]) und Sefström gezeigt. Die Asche im Graphit läfst aber auf seinen Ursprung aus organischen Substanzen schliefsen.

Zu Gunsten des plutonischen Ursprungs des Graphit hat man seine Bildung beim Eisenreductions-Processe, wo er sich aus dem geschmolzenen Eisen in grofsen, unregelmäfsigen Blättern im Innern der Roheisenmasse, und in Blasenräumen der Eisenschlacken, sowie in Höhlen der Gestellsteine in grofsen Krystallen ausscheidet, angeführt. Man will bemerkt haben, dafs sich der Graphit nur in den oberen Theilen der Schlacken finde, und man hat daraus geschlossen, dafs er sich in diesen, wie auf Gängen, Klüften, Nestern und unregelmäfsigen Lagern, oder als Gemengtheil in krystallinischen, metamorphischen und selbst neptunischen Gesteinen, im dampfförmigen Zustande abgesetzt habe[5]).

Gegen einen solchen dampfförmigen Zustand ist indefs zu erinnern, dafs der Kohlenstoff in seinen verschiedenen Formen zu den feuerbeständigsten Körpern gehört.

---

[1]) Journ. für pract. Chemie. Bd. VII. S. 353.

[2]) Ann. de chim. et de phys. T. III. Sér. I. p. 5.

[3]) Journ. für pract. Chem. Bd. XXIII. S. 159.

[4]) Dessen Archiv. Bd. XII. S. 91.

[5]) Cotta Jahrbuch für Mineral. 1834. S. 39 und Bronn Handb. einer Geschichte der Natur. II. S. 625.

Man hat zwar wiederholt die Ueberführung der Kohle an den Kohlenspitzen einer kräftigen Volta'schen Säule, und ihren Absatz am negativen Pole in Gestalt von Graphit als Gegenbeweis angeführt. Tizeau und Foucault[1]) haben diese Graphit-Bildung, unter Einfluſs einer sehr hohen Temperatur, als sehr beachtenswerth für das Studium der Mineralien, unter welchen man diese Abart der Kohle so häufig antrifft, bezeichnet und Haidinger[2]) scheint sogar die unten angeführte Pseudomorphose von Graphit nach Eisenkies aus einer solchen Bildung erklären zu wollen. Wie kann man aber nur im entferntesten die Bildung von Graphit in Spalten von Thonschiefer oder gar in einem Meteorsteine aus einer Entladung einer Volta'schen Säule erklären wollen? — Haidinger zweifelt selbst nicht, daſs jene seltene Pseudomorphose entstand, als der Meteorstein, nach seiner Ankunft auf der Erde, dem Einflusse unserer Atmosphäre ausgesetzt, mithin längst abgekühlt war. Durch welches Wunder hätte sich in diesem erkalteten Meteorsteine eine elektrische Säule bilden und entladen können? — Man sollte doch nicht aus den Wirkungen complicirter Apparate unserer physikalischen Cabinete, deren Vorhandensein in der Natur nachzuweisen selbst der üppigsten und kühnsten Phantasie schwerlich jemals gelingen wird, geologische Erscheinungen erklären wollen.

Die Ausscheidung des Graphit aus dem Roheisen ist eine Wirkung, wie wir sie bei chemischen Processen, wenn gemengte flüssige Massen erstarren, häufig wahrnehmen. Sie erfolgt aus einem mit Kohle stark übersättigten Roheisen nach dem Erkalten und Erstarren; denn beträgt der Kohlenstoff mehr, als das Roheisen nach seinem Festwerden zurückhalten kann, so muſs sich der Ueberschuſs ausscheiden. Aus Eisenschlacken muſs er sich um so mehr ausscheiden, da er mit Oxyden, woraus jene bestehen, nicht chemisch verbunden sein kann. Die Ausscheidung des Graphit in Krystallen möchte vermuthen lassen, daſs der Kohlenstoff in jenen geschmolzenen Massen im flüssigen

[1]) Poggendorff's Ann. Bd. LXIII. S. 475.

[2]) Ebend. Bd. LXVII. S. 437.

Zustande vorhanden sei. Es ist aber unzweifelhaft, dafs er sich in diesem Zustand nur in Verbindung mit Eisen befindet. Es ist aber denkbar, dafs flüssiges Eisen mehr Kohlenstoff als festes enthält, und dafs sich mithin mit dem Erkalten ein Theil davon ausscheidet. Es ist auch zu begreifen, dafs stark erhitzte Kohle während langsamen Erkaltens krystallisiren kann, ohne vorher in den geschmolzenen Zustand übergegangen zu sein [1]).

Es kann nicht befremden, wenn gerade die Bildung des Graphit bei dem Eisenreductionsprocesse, oder auch bei Bereitung des Leuchtgases, wenn Tropfen von brenzlichem, dickem Oel zurück in das glühende Destillationsgefäfs stets auf dieselbe Stelle fallen und zu grauen, metallisch glänzenden Stalactiten werden, zur Ansicht seines feuerflüssigen Ursprungs geführt hat. Da uns jedoch alle Verhältnisse des Graphit zu seiner Bildung auf nassem Wege geführt haben: so kann der Umstand, dafs wir ihn auf diesem Wege nicht darstellen können, kein Grund sein, zweifelhaft zu bleiben. Wir vermögen ebenfalls nicht aus organischen Substanzen Steinkohlen zu erzeugen, und doch wird kaum Jemand zweifeln, dafs diese aus jenen hervorgegangen sind. Alles weist darauf hin, dafs die Bildung der Steinkohlen ein aufserordentlich langsam fort-

---

[1]) Ich besitze eine Schlacke aus einem Eisenflammheerde, deren weifsliche, etwas ins Graue sich ziehende Grundmasse übersäet ist mit überaus glänzenden und dünnen, abfärbenden Graphitblättchen, theils von ansehnlicher Gröfse, theils in kleinen Pünktchen. Auch kleine Drusenräume sind mit solchen Blättchen ausgekleidet. Hier und da sind gröfsere und kleinere unveränderte Kohlenstückchen in der Masse eingeknetet, in denen man, jedoch selten, Graphitpünktchen wahrnimmt. Die Bedingungen zur Umwandlung dieser Kohlen in Graphit scheinen daher hier nicht vorhanden gewesen zu sein, oder nicht lange genug gedauert zu haben. Die weifsliche Farbe der Schlacke zeigt die Abwesenheit von Eisenoxydulsilicaten; und Eisenkörner in ihm thun dar, dafs das Eisenoxydul durch den grofsen Ueberschufs an Kohle reducirt worden ist. Eine andere grüne Eisenschlacke enthielt viele Blasenräume, meist mit Graphitblättchen ausgekleidet, in deren Nähe stets Eisenkörner eingeknetet sind. Hier zeigt sich die Reduction des Eisenoxydulsilicat sehr deutlich; jener Graphit ist ohne Zweifel der Rest von dem dazu verbrauchten Kohlenstoff.

schreitender Procefs ist, der unter Umständen erfolgte, welche wir nicht nachahmen können. Wenn uns nun weder diese Umstände, noch die langen, ohne Zweifel Millionen langen Zeiträume zu Gebote stehen, wenn der Graphit höchst wahrscheinlich ein Product des noch länger fortgeschrittenen Umwandlungsprocesses organischer Ueberreste ist, wie können wir dann hoffen, ein solches Product, welches wir durch Wirkung der Hitze in so kurzer Zeit erhalten, auf dem von der Natur eingeschlagenen Wege zu erzeugen? — Holz kann bekanntlich auf trocknem wie auf nassem Wege verkohlt werden. Auf jenem geht die Verkohlung sehr schnell, auf diesem äufserst langsam von Statten, wie letzteres die unter Wasser stehenden Pfähle zeigen. Im Wesentlichen ist aber das auf beiden Wegen erhaltene Product dasselbe; nur dafs auf langsamem Wege eine sehr cohärente, auf trocknem eine sehr lockere Kohle erhalten wird. In beiden Fällen ist die Verkohlung vollendet, wenn die flüchtigen Bestandtheile der organischen Substanzen, Wasserstoff, Sauerstoff und Stickstoff gröfstentheils fortgeführt sind. Der Graphit ist aber nichts anderes, als eine von diesen flüchtigen Bestandtheilen befreite Kohle.

Man kennt nur e i n e Pseudomorphose des Graphit. P a r t s c h und H a i d i n g e r [1]) haben nämlich eine solche in Formen von Eisenkies in den Meteormassen von *Arva* gefunden [2]).

Aus dem Vorstehenden ergibt sich, dafs alle Fundorte des Graphit nicht für seine Bildung auf plutonischem, sondern nur auf nassem Wege aus organischen Ueberresten sprechen. Ganz entschieden zeigt sich die letztere Bildung in den Kohlenlagern von *Karsok* im *Omenaks-Fjord* auf den nordgrönländischen dänischen Colonieen, nach den Beobachtungen von H. R i n k in *Copenhagen* [3]). Auch im

---

[1]) P o g g e n d o r f f's Ann. Bd. LXVII. S. 437.

[2]) Diese Pseudomorphose bietet einen unwiderleglichen Beweis dar, dafs sie nur auf nassem Wege von Statten gegangen sein kann. Da indefs die räthselhafte Bildung der Meteorsteine aufser den in diesem Werke gesteckten Grenzen liegt, so verweise ich auf die I. Aufl. Bd. II. S. 70.

[3]) Ich habe diesen Graphit bei Dr. K r a n t z in *Bonn*, der im

Steinkohlengebirge bei *Cumnoch* in *Ayrishire* soll der Graphit in Lagern vorkommen.

In Beziehung auf die mögliche Bildung des Graphit auf nassem Wege bietet daher die in Rede stehende Pseudomorphose dieses Minerals, nach Formen von Eisenkies, einen unwiderleglichen Beweis.

B. Anthrazit.

Ganz unzweifelhaft gehört der Anthrazit zu den Ueberresten organischer Substanzen. Er besitzt die Natur der Steinkohle; seine Bildung ist indefs, wie sein Vorkommen zeigt, häufig eine ältere, und defshalb verleugnet er seinen organischen Charakter noch mehr, als jene. Er vermittelt gleichsam den Uebergang zum Graphit. Der faserige Anthrazit ist jedoch von gleicher Bildung, wie die Steinkohle; denn er bildet in Steinkohlenlagern dünne Schichten.

Nach den Untersuchungen mehrerer Arten von Anthrazit durch Regnault, L. Gmelin, Woskressensky, Jacquelin, W. R. Johnson, Voelcker u. s. w. enthalten dieselben:

Kolenstoff	75—95
Wasserstoff	1,49—3,92
Sauerstoff . . . . Stickstoff	0,29—3,45
Wasser	1,59
Asche	0,94—7,07

Die Gegenwart von flüchtigen Stoffen, die Begleitung des Anthrazit von Pflanzen-Abdrücken und organischen Ueberresten [1]), sein Vorkommen in sedimentären Forma-

---

Besitze vieler dieser Specimina ist, gesehen. Ob diese Kohlenlager der Steinkohlen- oder Braunkohlen-Formation angehören, bleibt einer weiteren Mittheilung des Entdeckers vorbehalten.

[1]) So bestehen die Anthrazite von *Isère* und *Tarentaise* aus umgeänderten Gebilden mit Kohlen-Pflanzen und Lias-Conchylien. Die von *Schönfeld* bei *Freiberg* in *Sachsen* erscheinen mit Pflanzen-Resten in unregelmäfsigen Wechsellagern von mannichfaltig in einander übergehenden Feldsteinporphyren, Conglomeraten, Sandsteinen und kohligen Schieferthonen u. s. w. Auf der Insel *Sardinien* fand Ad. Brongniart unter dem Jurakalk eine Anthrazitschicht mit Pflanzenabdrücken, wovon einige durch Kalk versteinert sind. Nach Lyell (Quarterly Journ. of the geolog. Soc. of London. 1845. Vol. I.

tionen [1]), schliefst die Annahme einer Mitwirkung erhöhter Temperatur bei seiner Bildung gänzlich aus.

Nach v. Kobells [2]) Untersuchungen sind die Anthrazite aus *Pensylvanien* keine, die in brennenden Steinkohlen-Flötzen entstanden aber vortreffliche Leiter der Elektricität sind. Da überhaupt alle scharf gebrannten Kohlen sehr gute Leiter sind, nicht aber solche, welche nur einer schwachen Hitze ausgesetzt waren: so schliefst hieraus v. Kobell mit Recht, dafs sich Anthrazite, welche Nichtleiter sind, nie in einer starken Hitze befunden haben können; denn dafs ihre Leitungsfähigkeit mit der Zeit verschwunden sein sollte, ist nicht wohl denkbar.

C. Diamant.

Wollte man von der Ansicht ausgehen, die Natur habe das Einfache geschaffen, und erst im Laufe der Zeit seien

p. 199 u. in s. Travels in North America. Vol. I. p. 196) gehören die Anthrazit-Flötze von *Worcester* eben so gut dem Kohlengebirge an, als die ungeheueren Anthrazit-Ablagerungen in *Pensylvanien.* F. Römer (nach gefälligen mündlichen Mittheilungen) schliefst aus dem Vorkommen zahlreicher, unzweifelhafter Kohlenpflanzen in den einschliefsenden Schichten, dafs jene Anthrazitlager auch selbst nur dem Kohlengebirge angehören können, wie dies schon früher durch Rogers nachgewiesen worden waren.

[1]) Im Thonschiefer und in der Grauwacke bildet der Anthrazit Nester und ganze Lager, zuweilen von bedeutender Mächtigkeit; ebenso finden sich Lagen zwischen Glimmerschiefer und Alaunschiefer. Auf Gängen kommt er vor im Alaunschiefer, im Grauwackenschiefer, mit Kalkspath im Trapp, desgleichen auf Granitgängen, Quarzgängen, Silbererzgängen u. s. w. Wenn alle diese Fundorte entschieden für seine Bildung auf nassem Wege sprechen: so wird man auch nicht anstehen, sein Vorkommen auf Kluftflächen im Granit derselben Bildung zuzuschreiben. Ebenso wie die den Anthrazit begleitenden Mineralien Absätze aus Gewässern sind: so sind es auch organische Substanzen, die fast nie in Gewässern fehlen, welche sich mit jenen abgesetzt, und sich durch allmälige Zersetzung in Anthrazit umgewandelt haben.

[2]) Münchener gelehrte Anzeigen 1850. No. 89 u. 90. Es ist sehr zu wünschen, dafs v. Kobell seine interessanten Untersuchungen auf die in krystallinischen Gesteinen (Granit, Porphyr) vorkommenden Anthrazite ausdehnen möge, indem sie über die pyrogene oder nicht pyrogene Bildung derselben Aufschlüsse geben würden.

zusammengesetzte Körper entstanden: so könnte man den Diamant für eine ursprüngliche Bildung halten; denn selbst Gold, und noch weniger Platin, kommen in einem solchen Zustande der Reinheit vor, wie dieser Edelstein.

So lange man den Diamant nur im aufgeschwemmten Lande, in Flüssen und in Trümmer-Gesteinen fand, war fast jede Hypothese über seine Entstehung zulässig; denn wir treffen ihn in Gesellschaft der verschiedenartigsten Gesteine. In *Hindostan* finden wir ihn in einer Sandstein-Breccie, welche aus Körnern von Hornstein, Quarz, Chalcedon, Jaspis, Karniol und Brauneisenstein besteht, und eine, meist nur wenige Fufs mächtige Lage bildet, mehr oder weniger tief unter der Erdoberfläche, nicht selten bedeckt von mächtigen Sandstein-Schichten. Auf *Borneo* kommen die Diamanten, nach Horner [1]), in einer mächtigen Lage rothen Thons vor, und darunter finden sich Quarzgeschiebe oder Syenit- und Diorit-Stücke, seltener auch Mergellager mit noch lebenden Muscheln (Ostraea cardium). Sie sind begleitet von Magneteisen, Gold- und Platin-Schüppchen, auch von Iridium- und Osmium-Körnchen.

Der erste Diamant des *Ural* wurde in einem Seifenwerke im Goldsande zwischen Eisenkieskrystallen und Quarzstücken entdeckt. Unter den später gefundenen hatten einige schwarze Flecken, die wahrscheinlich von Kohle herrührten. Es scheint, dafs die ursprüngliche Lagerstätte dieser Diamanten ein schwarzer Dolomit sei [2]).

In der Provinz *Constantine* in *Africa* finden sich die Diamanten im Gold-führenden Sande des Flusses *Gumel.* In *Brasilien* treffen wir sie mit kleinen Blättchen von gediegenem Golde, meist in abgerundeten Körnern und Krystallen im eisenschüssigen Thone und Sande. Sie sind begleitet von Geschieben und abgerundeten Krystallen von Quarz, desgleichen von Eisenglanz, Eisenglimmer, Brauneisenstein, Jaspis, Chalcedon, Disthen, Chrysoberyll, Anatas, gediegenem Golde und Platin; auch Bruchstücke von Thonschiefer und Talkschiefer kommen vor.

Dafs alle diese Begleiter des Diamant nicht mit ihm

---

[1]) Poggendorff's Ann. Bd. LX. S. 526.

[2]) G. Rose Reise nach dem Ural. Bd I. S. 352 ff.

von denselben zerstörten Gebirgsarten herrühren können, ist klar. Es liegt auch in der Natur der Sache, daſs im aufgeschwemmten Lande, in Geschieben, überhaupt in Thälern, alle Mineralien und Bruchstücke der Gebirgsgesteine des ganzen Stromgebietes vorkommen.

Auch der Umstand, daſs in *Brasilien* die Quarz-Geschiebe durch ein Bindemittel aus Brauneisenstein zusammengekittet sind, worin Diamanten liegen, kann keineswegs für eine gemeinschaftliche Abstammung sprechen; denn es können eisenhaltige Gewässer gewesen sein, welche lose neben einander gelegene Quarze und Diamanten cementirt haben. Ebenso dürfte das Zusammenvorkommen der Diamanten mit Gold und Platin meist nur ein zufälliges sein, da nach neueren Beobachtungen Diorite manchmal edle Metalle führen; in diesem krystallinischen Gesteine aber keine Diamanten gefunden werden.

Im Museum zu *Rio Janeiro* befindet sich ein ziemlich groſser abgerundeter Diamant mit sehr deutlichen Eindrücken von Quarzkörnern; letztere waren also vorhanden, als der Kohlenstoff krystallisirte.

Erst vor wenigen Jahren war man so glücklich, das Muttergestein des Diamant in *Brasilien* zu finden. Nach Helmreichen, Claussen und Lomonossoff[1]) ist es der Itacolumit. Die Diamanten sind von verschiedener Gröſse mit abgerundeten, aber glänzenden Flächen und fest eingewachsen im Quarze des Muttergesteins.

Einige Geologen halten den Itacolumit für ein auf feurigem Wege metamorphosirtes Gestein. Keine Vorstellung kann irriger als diese sein; denn wie kann ein Gestein, welches die wasserhaltigen Mineralien Chlorit und Talk enthält, Feuer ausgehalten haben? — Der Itacolumit, welcher nach Eschwege in *Brasilien* zum Theil über 100 Meilen lange Schichtensysteme bildet, ist ein se-

---

[1]) Compt. rend. 1843. No. 1. p. 38 und No. 3 p. 87. Poggendorff's Ann. Bd. LVIII. S. 474. Vergl. auch Eschwege, Claussen und Denis im Jahrb. für Mineral. u. s. w. 1842. S. 459 u. 605. Lucas erkannte schon 1815 zwei Diamanten in einem Stück Itacolumit (Nouveau dictionnaire d'hist. nat. Art. Diamant). 1827 fand ein Negersclave den ersten eingewachsenen Diament, und 1836 wurde Bergbau auf Diamanten im Itacolumit der *Serra de Grao-Mogór* begonnen.

dimentäres Gestein. Haben in ihm Umwandlungsprocesse stattgefunden, wodurch Glimmer, Talk und Chlorit entstanden sind, wie nicht zu zweifeln ist: so können dieselben nur auf nassem Wege vor sich gegangen sein. Die darin vorkommenden Diamanten können daher ebenfalls nur solche Umwandlungsproducte sein, wozu organische Ueberreste das Material geliefert haben.

Nach Dumas und Stafs[1]) läfst der Diamant beim Verbrennen in Sauerstoffgas $\frac{1}{2000}$ bis $\frac{1}{500}$ eines gelblichen Rückstandes. Erdmann und Marchand[2]) erhielten gleichfalls ungefähr $\frac{1}{1000}$ einer röthlichen Asche. Diese Versuche sind indefs stets mit nicht ganz farblosen, ungeschliffenen Steinen angestellt worden. Petzholdt[3]) will bei der mikroskopischen Untersuchung dieser Rückstände eine Aehnlichkeit mit der vegetabilischen Zellen-Structur beobachtet haben, die er auch an einem braunen Einschlusse eines nelkenbraunen Diamant wiederfand. Mittels des Löthrohrs liefs sich Kieselsäure und Eisen in der Asche nachweisen. Wöhler[4]) konnte indefs bei der Untersuchung von 50 Diamanten, welche sämmtlich Einschlüsse enthielten, nichts von pflanzenähnlicher Structur wahrnehmen. Dagegen gab Goeppert[5]) Abbildungen von zellgewebeähnlichen Gebilden in einem Diamant, indem er dabei erinnerte, dafs gallertartige Materien, wie Eiweifs und andere nach dem Eintrocknen oft ganz ähnliche Bildungen zeigten.

Harting[6]) beschreibt einen Diamant von *Bahia* in *Brasilien*, 11,1 Mm. in der Länge, 5,3 Mm. in der Breite messend, in dessen Masse an einer Seite ein Haufwerk dünner fadenförmiger Körper eingeschlossen ist. Bei starker Vergröfserung erkennt man, dafs die Fäden rechtwinklich prismatische Gestalt besitzen und aus einer Anzahl vier-

---

[1]) Ann. de chim. et de phys. III. Sér. I. p. 5.

[2]) Journ. für pract. Chem. Bd. XXIII. S. 159.

[3]) Beiträge zur Naturgeschichte des Diamant. Dresden und Leipzig 1842.

[4]) Ann. der Chemie u. Pharm. Bd. XLI. S. 346.

[5]) Poggendorff's Ann. Bd. XCII. S. 623.

[6]) Description d'un diamant remarquable contenant des cristaux. Amsterdam 1858.

eckiger Lamellen aufgeschichtet erscheinen; ihr Durchmesser schwankt von $^1/_{20}$—$^1/_6$ Mm. Die Fäden haben selten geraden Verlauf, meist sind sie unregelmäfsig gekrümmt, gewunden, nach allen Richtungen hin schleifenartig gebogen. Die Oberfläche zeigt einen starken metallischen Glanz, die Farbe ist wechselnd, gelblich, röthlich braun, braunschwarz. Der Querschnitt der Prismen scheint ein quadratischer zu sein, welcher die Substanz in das reguläre oder das quadratische System verweist. Mit diesen Krystallfäden sind andere dünnere ($^1/_{16}$—$^1/_{100}$ Mm.) verflochten, welche aus derselben, aber nicht deutlich krystallinischen Substanz bestehen und sich durch ein lebhaftes Gelb auszeichnen. Harting hält diese Körper für Eisenkies und wies durch chemische Reaction ihren starken Eisengehalt nach; sie sind die ersten krystallinischen Bildungen, welche sich im Diamant eingeschlossen fanden.

Aus allen diesen Untersuchungen läfst sich etwas Bestimmtes über den Ursprung des Diamant nicht ableiten. Dafs das Vorkommen von Eisenkies in Diamant jeden Zweifel an einer Bildung auf nassem Wege verscheucht, ist selbstredend.

Vergebens haben sich mehrere Chemiker bemüht, den Kohlenstoff auf feuerflüssigem Wege zum Krystallisiren zu bringen [1]).

---

[1]) Der verstorbene Kenneth Kemp versuchte Kohlenstoff aus seiner Gasform durch elektrische Ströme der Volta'schen Säule zwischen Holzkohlenspitzen im Torricelli'schen Vacuum zum Krystallisiren zu bringen. Die Frage bleibt zu beantworten, ob bei diesem Versuche Kohlenstoff wirklich verdampfte, oder nur von der stark erhitzten Kohle in kleinen Partikelchen losgerissen wurde; auf alle Fälle krystallisirte er aber nicht, sondern setzte sich als ein Russ an den Seiten der Barometerröhre ab (Wilson in dem Edinb. New philos. Journ. for April 1850). Silliman d. Ae. machte vor vielen Jahren ähnliche Versuche und fand, wie er glaubte, eine wirkliche Schmelzung und Verflüchtigung von Kohlenstoff, aber er erhielt denselben nicht in deutlichen oder durchsichtigen Krystallen (Americ. Journ. of Science and Arts. Nov. 1849. p 413). Jacquelain wies nach, dafs der Diamant zu Coke oder Graphit wird, wenn er plötzlich der intensiven Hitze der Volta'schen Elektricität ausgesetzt wird (Comptes rendus. T. XXIV. 14. Juni 1847). Die Bildung des Diamant auf feuerflüssigem Wege würde also voraussetzen, dafs bei

Liebig[1]) betrachtet die Bildung des Diamant als einen fortgesetzten Verwesungs-Procefs. „Denken wir uns," sagt er, „die Verwesung in einer Flüssigkeit vor sich gehen, welche reich ist an Kohlenstoff und Wasserstoff, so wird, ähnlich wie bei der Erzeugung der kohlenreichsten, krystallinischen Substanz, des farblosen Naphtalin, aus gasförmigen Kohlenwasserstoff-Verbindungen, eine an Kohlenstoff stets reichere Verbindung gebildet werden, aus der sich zuletzt als Endresultat ihrer Verwesung Kohlenstoff in Substanz, und zwar krystallinisch, abscheiden mufs. Die Wissenschaft bietet aufser dem Processe der Verwesung keine Analogie für die Entstehung des Diamant dar. Man weifs gewifs, dafs er seine Bildung nicht dem Feuer verdankt; denn hohe Temperatur und Gegenwart von Sauerstoff sind mit seiner Brennbarkeit nicht vereinbar; man hat im Gegentheile überzeugende Gründe, dafs er auf nassem Wege, dafs er in einer Flüssigkeit sich gebildet hat, und der Verwesungsprocefs allein gibt eine bis zu einem gewissen Grade befriedigende Vorstellung über seine Entstehungsweise"[2]). Jameson hat vor langer Zeit die Vermuthung ausgesprochen, dafs der Diamant vegetabilischen Ursprungs sei[3]). G. Wilson[4]) sprach die Ansicht aus, dafs wohl der Anthracit diejenige Sub-

einer Temperatur, die niedriger als die durch Contact-Elektricität entwickelte ist, die Kohle zum Krystallisiren bringt, während in einer höhern Temperatur die krystallisirte Kohle wieder unkrystallinisch wird. Dies würde aber eine sehr sonderbare Voraussetzung sein. — Despretz setzte Holzkohle der vereinten Wirkung eines starken Volta'schen Stromes, der concentrirten Sonnenstrahlen und des Löthrohrs aus. Kleine Nadeln von Anthrazit, welche dieser dreifachen Quelle einer intensiven Hitze ausgesetzt waren, schienen zu schmelzen, und liefsen kleine Tropfen fallen, welche in einer Platinschale aufgefangen, als kleine, schwarze Kügelchen erschienen. Diese Kügelchen mögen nur Asche des Anthrazit, gefärbt durch eingeschlossene Holzkohle, gewesen sein. (Ibid. 18. Juni 1849. p. 755.)

[1]) Die organische Chemie u. s. w. S. 473.

[2]) Despretz (Compt. rend. T. XXIX. p. 709) schliefst aus seinen Untersuchungen, dafs es unwahrscheinlich ist, den Diamant als durch Einwirkung starker Hitze auf organische oder kohlenartige Substanzen gebildet zu betrachten.

[3]) Wilson a. a. O.

[4]) Ebend.

stanz sei, welche am leichtesten als Diamant krystallisiren könne.

Vom chemischen Standpunkte läfst sich durchaus nichts gegen diese Ansichten einwenden. Da nun auch das Vorkommen des Diamant nur für eine Bildung auf nassem Wege spricht: so mufs jede Hypothese über seinen feuerflüssigen Ursprung als völlig unstatthaft zurückgewiesen werden. Endlich zeigen die folgenden Versuche, dafs Diamanten, welche in Gesteinen mit Eisenoxyd und Eisenoxydulsilicaten vorkommen, das Eisenoxyd hätten reduciren müssen, wenn sie sich auf feuerflüssigem Wege gebildet hätten.

Als ich einen geschliffenen Diamant von 0,25 Gr. Gewicht, mit reinem Eisenoxyd gemengt, einer starken Hitze aussetzte, erschienen seine Ecken und Kanten abgerundet, er war milchweifs wie Opal geworden, und hatte 0,06 Gr. an seinem Gewicht verloren. Das rückständige Eisenoxyd zog die Magnetnadel an; es war also davon durch den Diamant reducirt worden. Als gepülverter Augit, der vorher stark geglüht worden, mit gepülvertem Diamant gemengt und in einer Porcellan-Retorte bis zum hellen Glühen erhitzt wurde, entwickelte sich Kohlensäuregas. Das Eisenoxydul des Silicat im Augit war daher zum Theil reducirt worden.

Wenn in einem Gestein, wie im Itacolumit, Processe auf nassem Wege von Statten gegangen sind, wodurch neue Mineralien gebildet wurden: so kann es gedacht werden, dafs gerade durch ein Zusammenwirken von Zersetzungsprocessen in unorganischen Stoffen und organischen Ueberresten eine allmälige Ausscheidung des Wasserstoff, Stickstoff und Sauerstoff aus letzteren herbeigeführt werde, so dafs zuletzt der Kohlenstoff und zwar im krystallinischen Zustande übrig bliebe. — Gerade das seltene Vorkommen des Diamant zeigt, dafs nicht jeder Zersetzungsprocefs organischer Substanzen diesen Edelstein liefern kann; denn wäre er das Endglied jeder Fäulnifs und Verwesung, so müfste es an allen Orten und Enden Diamanten geben.

Die Entwicklung des Kohlenwasserstoff- und Kohlensäuregases in Steinkohlen-Gruben zeigt, dafs heutzutage

noch derselbe Procefs, die Ausscheidung des Wasserstoff und Sauerstoff aus Steinkohlen, wie aus den in Sümpfen faulenden Pflanzen von Statten geht.. Dieselben Producte der Zersetzung, in einem eben beginnenden und in einem ohne Zweifel schon Millionen Jahre dauernden Procefs, lassen das unermüdliche Streben der Natur wahrnehmen, den Kohlenstoff von seinen Begleitern in den Organismen zu trennen und ihn zu isoliren. Und doch zeigt die Flamme der brennenden Steinkohlen, dafs diese Isolirung noch lange nicht ihr Ende erreicht hat.

Ist nun der Natur diese Isolirung nicht durch einen Procefs gelungen, der fast bis zu der Periode, wo das organische Reich auf Erden erschienen ist, reicht, hat sie nicht vermocht, durch einen so lange dauernden Fäulnifs-Procefs Diamanten zu bilden: so mufs es auffallen, diese Edelsteine in Gesteinen zu finden, die viel später als die Steinkohlen-Formation gebildet worden sind. In einer noch älteren, in der ältesten sedimentären Formation, in der Pflanzen-Ueberreste vorkommen, im Thonschiefer finden wir noch eine Wasserstoff- und Sauerstoff-haltige Kohle, den Anthrazit, und ist zwar der in dieser Formation gleichfalls auftretende Graphit frei von diesen Bestandtheilen: so hat doch die Natur ihn nicht zum Krystallisiren bringen können.

Man sieht, durch Fäulnifs-Processe allein, mögen sie in grofsen Massen, wie in den Steinkohlen, oder auf Klüften im Gesteine von Statten gehen, bildet sich kein reiner krystallisirter Kohlenstoff. Es müssen noch besondere Bedingungen dazu gegeben sein. Das häufige Vorkommen des Graphit im Glimmerschiefer, in einem Gesteine, welches dem Itacolumit so nahe steht, scheint übrigens einen Wink zu geben, dafs die Processe, wodurch Graphit und Diamant gebildet worden, einander nicht sehr ferne stehen [1]).

Fäulnifsprocesse reduciren Eisenoxyd zu Eisenoxydul; organische Substanzen und Ueberreste sind eine Hauptbedingung der Bildung des Eisenkies. Bei diesen Processen finden wir also unorganische und organische Substanzen in Wechselwirkung. Vielleicht bestehen beide Re-

---

[1]) Vergl. Jameson's Philosophical Journ. 1850 April. 337—345.

ductionen darin, dafs sich aus organischen Substanzen eine Kohlenwasserstoff-Verbindung absondert, welche das Eisenoxyd in Eisenoxydul, das schwefelsaure Salz in Schwefelleber umwandelt, und dadurch den Wasserstoff zur Abscheidung bringt, während der Sauerstoff in den organischen Substanzen in Verbindung mit Kohlenstoff, als Kohlensäure, aus der Mischung tritt? Es sind dies nicht imaginäre, sondern wirklich von Statten gehende Processe, und da wir sehen, dafs da, wo sich organische Substanzen allein, ohne Mitwirkung von unorganischen zersetzen, der Wasserstoff und der Sauerstoff in Verbindung mit Kohlenstoff entweichen: so haben wir die Analogie für uns, wenn wir annehmen, dafs, in Berührung mit unorganischen Substanzen, der Wasserstoff und der Sauerstoff in denselben Verbindungen aus der Mischung treten. Kurz, es ist leicht denkbar, wie durch Reduction des Eisenoxyd und schwefelsaurer Salze, auf Kosten organischer Ueberreste, der Wasserstoff und Sauerstoff derselben nach und nach zur völligen Abscheidung kommt, und wie der völlig isolirte Kohlenstoff in statu nascenti zu krystallisiren vermöge. Soweit in der ersten Auflage. Seitdem ist Eisenkies im Diamant nachgewiesen worden (S. 657).

Mit diesen Ansichten ist ferner in völliger Uebereinstimmung die Begleitung der Diamanten von Brauneisenstein, welcher im *Ural* durch Umwandlung von Eisenkies entstanden ist. Sehr bemerkenswerth ist auch, dafs in der Provinz *Minas-Geraes* in *Brasilien* die Diamanten in einem durch Eisenoxydhydrat fest verwachsenen Conglomerate vorkommen, welches viele Aehnlichkeit mit manchen unserer Raseneisensteine hat, und gewifs sehr jungendlicher Entstehung ist. Diese Aehnlichkeit mit einem Gesteine, welches nachweisbar durch gegenseitige Einwirkung von Eisenoxyd und faulenden organischen Substanzen entstanden ist, spricht sehr zu Gunsten der vorausgesetzten Processe.

D. Ursprung des Kohlenstoff überhaupt.

Die Geologen, welche der Erde einen feuerflüssigen Ursprung zutheilen, können keine andere Annahme zulassen, als dafs aller Kohlenstoff auf und in der Erde secundären Ursprungs ist, d. h. in der Schöpfungsperiode nicht

vorhanden war; denn das Reductionsmittel der Eisenerze hätte nicht in Berührung mit Eisenoxyd und anderen Oxyden im feuerflüssigen Zustande bleiben können, ohne zu Kohlensäure und Kohlenoxydgas geworden zu sein, und die Oxyde reducirt zu haben. Da die ganze Gruppe von nicht geschichteten krystallinischen Gesteinen, welche nach Ansicht der Plutonisten von unten heraufgehoben worden, in ihrer Masse keinen Kohlenstoff enthalten: so mufs diese Thatsache sie zur Ueberzeugung führen, dafs diese Substanz unmöglich eine ursprüngliche Bildung sein kann.

Die vorstehenden Betrachtungen zeigen, dafs selbst der Kohlenstoff in seiner reinsten Form, als Diamant, nur als ein Zersetzungsproduct organischer Substanzen gedacht werden kann. So lange daher nicht in irgend einem Gesteine Kohlenstoff im unoxydirten Zustande nachgewiesen wird, der alle Kennzeichen trägt, dafs er nicht aus zersetzten organischen Substanzen hervorgegangen sein kann, können wir diesen einfachen Körper nicht für einen solchen halten, dessen Existenz bis zur Schöpfung der Erde hinaufreicht. Der Kohlenstoff hat das mit allen einfachen Körpern gemein, dafs sie als solche entweder gar nicht oder doch nur in unbedeutenden Quantitäten im Mineralreiche vorkommen. So wie wir alle einfachen Körper mit Ausnahme von Chlor, Brom, Jod und Fluor, vorzugsweise in Verbindung mit Sauerstoff, und diejenigen unter ihnen, welche die Hauptbestandtheile aller Gebirge bilden, die Metalle der Erden, nur in dieser Verbindung finden: so finden wir auch den Kohlenstoff als Bestandtheil der Gebirge nur im oxydirten Zustande in den Carbonaten: wir finden ihn aber auch in den Gasexhalationen, in Gewässern und in der Atmosphäre. Allen bekannten mehr oder weniger isolirt vorkommenden Kohlenstoff können wir daher nur für ein Zersetzungsproduct der Kohlensäure halten, und der Vegetationsprocefs ist es, der dieses Zersetzungsproduct geliefert hat und liefern wird [1].

[1] I. Aufl. Bd. II. S. 95 ff.

Kapitel XIII.

Kohlensäuregas-Exhalationen.

Die Existenz des organischen Reiches ist an die Bedingung geknüpft, dafs die Gesteine, vorzugsweise ihre Silicate, Carbonate und Phosphate, auf denen die Pflanzen wachsen, nicht gänzlich unauflöslich im Wasser sind; denn diese unorganischen Substanzen sind wesentliche Bestandtheile der Pflanzen, und sie werden ihnen nur in wässriger Lösung zugeführt. Das Verhältnifs der unorganischen Bestandtheile in den Pflanzen zu ihren organischen ist ein bestimmtes; letztere werden producirt, und ihre Production hängt von äufseren Einflüssen, vom Lichte, von der Wärme und Feuchtigkeit ab; erstere werden aber aus dem Boden blos extrahirt; steht daher jene Production nicht in gehörigem Verhältnisse mit dieser Extraction: so kann der Vegetationsprocefs nur unvollkommen von Statten gehen. Der Grund der Löslichkeit der unorganischen Substanzen im Wasser ist daher von der Vorsehung gewifs so regulirt worden, dafs dieselben in einem solchen Verhältnisse den Pflanzen zugeführt werden, als die gleichzeitige Production ihrer organischen Bestandtheile es fordert.

Die Natur bedient sich der Kohlensäure, um die Löslichkeit der erdigen Carbonate zu befördern und zusammengesetzte Silicate zu zersetzen. Auf einem aus krystallisirten Mineralien zusammengesetzten Gesteine würde die Vegetation, wenn es an Kohlensäure fehlte, sehr kümmerlich von Statten gehen; denn die kohlensäurefreien Gewässer würden nicht so viel unorganische Substanzen auflösen können, als das Wachsthum der Pflanzen verbrauchte.

Die Gegenwart der Kohlensäure bewirkt dagegen die Zersetzung der Gesteine; in der dadurch gebildeten Erde befestigen sich die Wurzeln der Pflanzen, und von ihr

wird die für die Vegetation so wichtige Feuchtigkeit zurückgehalten. Das anfangs kümmerliche Wachsthum der Pflanzen auf kahlen Felsen steigert sich nicht blos dieser Ursachen wegen, sondern auch, weil durch Zersetzung zusammengesetzter Silicate in einfache die Löslichkeit zunimmt, und damit das normale Verhältniſs der extrahirten unorganischen Substanzen zu den von den Pflanzen producirten organischen Substanzen herbeigeführt wird.

Unter allen Gas-Exhalationen aus dem Innern der Erde nehmen in Beziehung auf ihre Frequenz die der Kohlensäure den ersten Rang ein. Sie sind eines der groſsartigsten Phänomene auf der Erdoberfläche, welches den wichtigsten Einfluſs auf die Zersetzung der Gesteine seit der Schöpfungsperiode hatte und noch hat.

Kohlensäuregas entwickelt sich aus der zahlreichen Klasse von Mineralquellen, welche danach Kohlensäuerlinge genannt werden. Diese sind auf der Erde sehr verbreitet, und finden sich in besonders groſser Zahl in Gegenden, wo man erloschene Vulkane und basaltische Gesteine antrifft. Man findet indeſs auch mitten in sedimentären Formationen Säuerlinge mit reicher Kohlensäure-Entwicklung. Gleichwohl zeigt eine nähere Betrachtung der Umgebungen solcher Säuerlinge, daſs dort in einer früheren Periode neptunische Formationen aufgerichtet worden sind, wodurch sich Kanäle bis zu groſsen Tiefen gebildet haben, durch welche jetzt Kohlensäuregas ausströmt.

In *Deutschland* sind diese Säuerlinge sehr verbreitet. Sie finden sich in folgenden Gebirgszügen: in der *vulkanischen Eifel*, in den Umgebungen des *Laacher See's* und des *Siebengebirges*, des *Westerwalds* und des *Taunus*, des *Habichtswaldes*, des *Meiſsners*, des *Vogelgebirges* und der *Rhön*, des *Fichtelgebirges*, des *Erzgebirges*, des *Böhmischen Mittelgebirges* und des *Riesengebirges* mehr oder weniger zahlreich und mit mehr oder weniger Kohlensäure-Entwicklung. Sie folgen ganz genau den basaltischen Zügen von der *Eifel* bis zum *Riesengebirge* [1]).

Die reichsten Kohlensäure-Entwicklungen finden sich

---

[1]) Meine vulkanischen Mineralquellen. Bonn 1826. S. 161—230.

unstreitig in der *vulkanischen Eifel,* in den Umgebungen des *Laacher See's,* an mehreren Punkten in der *Wetterau* und zwischen der *Lahn* und dem *Main,* sowie in *Böhmen,* besonders in den Umgebungen von *Marienbad.*

In der *vulkanischen Eifel* und in den Umgebungen des *Laacher See's* entspringen gewifs weit über tausend solcher Sauerquellen, und nicht selten an einer Stelle eine grofse Zahl nebeneinander zusammengedrängt.

Das Kohlensäuregas entwickelt sich hier aber nicht blos aus den Sauerquellen, sondern auch unmittelbar aus dem Boden, aus dem Wasser der Bäche und aus Spalten im Gebirge.

Schon seit 1810 ist eine Stelle unter dem Namen *Brudeldreis,* auf dem rechten Ufer des *Kyllflusses* bei *Birresborn* bekannt, wo sich das Gas aus einer Spalte im Thonschiefer entwickelt[1]). Eine andere Gasentwicklung findet sich fünf Stunden von *Trier* in der Gegend von *Hetzerath,* die jener ganz ähnlich ist.

Bei näherer Beachtung würde man gewifs noch viele solcher Gasentwicklungen, die nicht unmittelbar aus Sauerquellen kommen, finden. Da aber gewöhnlich solche Entwicklungen an niederen Stellen, die mit Wasser benachbarter Bäche oder mit Regenwasser erfüllt sind, sich zeigen: so unterscheiden sie sich kaum von Sauerquellen, und werden daher gewöhnlich für solche gehalten. Sie unterscheiden sich indefs davon, dafs sie keinen Wasserabflufs haben. Leitet man das Wasser aus dem Becken ab, oder schöpft man es aus: so sieht man, wie blos Gas, aber kein Wasser aufsteigt. Auch der Mangel an Eisenocher-Absatz kann als ein Kennzeichen dienen: denn da die meisten Sauerquellen mit reicher Kohlensäure-Entwicklung eisenhaltig sind, und dieses Eisen sich zum Theil schon an den Wänden der Quelle absetzt, so zeigt der Mangel an Eisenocher, dafs das Wasser im Becken kein Quellwasser ist.

Aufser den zahlreichen Sauerquellen in den Umgebungen des *Laacher See's* finden sich daselbst unzählige

---

[1]) Nöggerath und Bischof im Jahrbuch der Chemie und Physik. 1825. Bd. XIII. S. 28.

Stellen, wo das Kohlensäuregas blos aus dem Boden entweicht. Ich führe hier beispielsweise nur das Thal an, welches sich von *Burgbrohl* herabzieht. Man findet hier an den Bergabhängen da und dort kleine Vertiefungen, worin stets todte Vögel, Mäuse u. s. w. liegen, und beim Niederbücken bemerkt man den stechenden Geruch der Kohlensäure. Auf den Feldern zeigen sich Stellen, wo die Früchte nur sehr kümmerlich gedeihen, und wo man beim Niederbücken, besonders bei feuchtem Wetter, sehr deutlich das sich entwickelnde Kohlensäuregas riechen kann. Aus dem Bache entwickeln sich an vielen Stellen ununterbrochen fort Gasblasen. An einer Stelle, wo diese Gasentwicklung aus dem Bache besonders reich war, leitete der Eigenthümer den Bach ab, um die vermeintliche Sauerquelle zu fassen. Das Erdreich wurde rings umher ausgegraben, und dadurch eine Vertiefung von 12 bis 15 Fufs Durchmesser gebildet, die sich theils durch Quellwasser, theils durch das Bachwasser anfüllte. Dadurch öffneten sich unzählige Gasentwicklungen, aus welchen eine ungeheuere Menge Gas ausströmt. Mehrere Keller in dem Dorfe *Burgbrohl* sind so mit Kohlensäuregas erfüllt, dafs sie von den Eigenthümern gar nicht betreten werden können, und beim Graben neuer Keller haben die Arbeitsleute sehr mit den Gasentwicklungen zu kämpfen.

Alle diese Erscheinungen wiederholen sich in anderen Thälern in den Umgebungen des *Laacher See's*, und zwar um so mehr, je tiefer die Thäler eingeschnitten sind. Daher treten auch in dem vorhin angeführten Thale von *Burgbrohl*, welches das tiefste ist, diese Erscheinungen in einem besonders auffallenden Grade hervor. Am *Laacher See* findet man, wenige Schritte von seinem Ufer entfernt, eine schon lange bekannte Kohlensäure-Entwicklung.

Alle diese Gasentwicklungen rühren aber von tiefer liegenden Säuerlingen her. Der Umstand, dafs, nach vielen von mir angestellten Beobachtungen, ihre Temperatur stets der der benachbarten Sauerquellen nahe kommt, spricht ganz besonders dafür.

In dem *Laacher See* steigen am östlichen Ufer, wo das Wasser mindestens 5' bis 6' tief ist, ja sogar aus Tiefen von 20' reichliche Blasen von Kohlensäuregas auf. Sie

haben also einen Druck von $1\frac{5}{8}$ Atmosphäre zu überwinden. In einem ungemein grofsen Maafsstabe finden die Kohlensäuregas-Exhalationen eine Meile seitwärts vom *Laacher See*, bei dem Dorfe *Wehr*, statt. Dort sind unzählige Mineralquellen, eine an der andern, und bilden, da es an Abflufs fehlt, einen Sumpf von bedeutender Ausdehnung. Das Brausen des Kohlensäuregases, welches sich zum Theil in kopfgrofsen Blasen entwickelt und das Sauerwasser fufshoch emportreibt, ist dort so stark, dafs man das Geräusch schon in bedeutender Entfernung hört. Welche bedeutende Quantitäten Sauerwasser und Kohlensäuregas dort seit undenklichen Zeiten der Erde entströmt sein müssen, zeigen auch die bedeutenden Ablagerungen von Eisenocher, die ein Gegenstand der Gewinnung sind, und wovon jährlich nicht unbeträchtliche Quantitäten zu Tage gefördert werden [1]).

Sehr wahrscheinlich ist das *Kesselthal*, worin diese Kohlensäure-Exhalationen sich finden, der Krater eines erloschenen Vulkans. Ist auch der *Laacher See* ein ehemaliger Krater, so sind dieser und der *Wehrer Bruch* die beiden einzigen Stellen, wo sich die Entwicklung der Kohlensäure in ausgebrannten Kratern selbst zeigt; denn in den übrigen, höher gelegenen, unbezweifelt vormaligen Kratern finden sich keine solche Exhalationen.

Die Exhalationen in den Umgebungen des *Laacher See's* kommen theils aus aufgeschwemmtem Lande, aus Trafs, vulkanischer Asche u. s. w., theils unmittelbar aus dem Thonschiefer-Gebirge, welches auch in jenem Falle gewöhnlich nicht sehr fern von ihnen ansteht. Höchst wahrscheinlich kommen sie alle aus diesem Gebirge. Der Heerd ihrer Bildung ist wenigstens gewifs nicht in den vulkanischen Massen, welche es bedecken, sondern viel tiefer zu suchen.

Am Fufse der vielen vulkanischen Kegel zwischen dem *Laacher See* und der *Mosel* bemerkt man, mit Ausnahme einer einzigen Stelle bei *Frauenkirchen*, keine Exhalationen. Diese Gegend ist aber auch mit einer sehr mächtigen Lage Bimsstein und vulkanischer Asche u. s. w.

---

[1]) Bischof in Schweigger's Journ. Bd. LVI. S. 146.

bedeckt, die an manchen Stellen auf Trafs liegen. In einem entfernteren Thale, so wie in den tief eingeschnittenen Thälern, welche sich in das *Moselthal* münden, kommen indefs aus dem Thonschiefer mehrere Mineralquellen mit ziemlich reichlicher Kohlensäure-Entwicklung.

Im *Ahrthale*, ungefähr 2 Meilen nördlich vom *Laacher See*, findet sich am Fufse der basaltischen *Landskron* eine Mineralquelle mit ziemlicher Kohlensäure-Entwicklung. Am Fufse des letzten Basaltkegels, auf dem linken Rheinufer, der die Ruine *Godesberg* trägt, ungefähr 4 Meilen vom *Laacher See*, finden wir abermals eine Mineralquelle mit schwacher Kohlensäure-Entwicklung. Dagegen zeigt sich auf der ganzen rechten Rheinseite, welche von *Leubsdorf*, oberhalb *Linz*, bis in die Nähe von *Bonn* eine so grofse Zahl von Basaltkuppen, und das aus verschiedenen krystallinischen Gesteinen zusammengesetzte *Siebengebirge* einschliefst, nirgends eine Mineralquelle oder eine Spur von Kohlensäure-Entwicklung; eben so wenig in dem ausgezeichneten Krater des *Rodderberges* bei *Mehlem*, dem *Siebengebirge* gegenüber, oder am Fufse des benachbarten Basaltkegels, worauf sich die Ruine *Rolandseck* befindet, oder in den benachbarten Thälern. Dies ist um so auffallender, da am Fufse des kleinen basaltischen *Godesbergs* Kohlensäure erscheint. Und noch auffallender ist es, dafs 1 Meile unterhalb *Bonn*, zu *Roisdorf*, auf der linken Seite, am Abhange der zur Braunkohlen-Formation gehörigen Hügelreihe, welche hier das Rheinthal einschliefst, noch eine, an fixen Bestandtheilen sehr reiche Mineralquelle, mit bedeutender Kohlensäure-Entwicklung, hervorkommt. Damit schliefst sich aber auch die zahlreiche Reihe von Mineralquellen und Kohlensäure-Exhalationen, welche in den Umgebungen des *Laacher See's* und in der vulkanischen *Eifel* ihre Mittelpunkte haben, und sich von da nach verschiedenen Seiten verzweigen; denn *Roisdorf* ist die letzte Mineralquelle in dem ganzen Thale des *Rheins* bis zu seiner Mündung in das Meer.

Auf der rechten Rheinseite, oberhalb des *Laacher See*-Gebietes finden sich zunächst Kohlensäure-Exhalationen bei *Ems*, auf dem linken Ufer der *Lahn*, und an mehreren Stellen im Bette dieses Flusses selbst.

Im Bezirke des *Taunus* gibt es sehr viele und sehr bedeutende Kohlensäure-Exhalationen. So unter andern aus den neu erbohrten *Nauheimer* Soolquellen. Eine dortige, 37°,5 R. warme Quelle springt in einem 4 Zoll dicken prachtvollen silberweifsen Sprudel 18 Fufs über das Niveau eines Bohrloches, in Form einer dampfenden und schäumenden Pyramide. Der grofse Soolsprudel daselbst springt sogar bis zu einer Höhe von 40 bis 45 Fufs über den Bohrkopf[1]).

Wir führen noch einige Kohlensäure-Exhalationen in anderen Gegenden an, welche schon seit längerer Zeit in einer gewissen Celebrität stehen. Dahin gehören die sogenannte *Hundsgrotte* beim See *Agnano*, vier Meilen von *Neapel*; die Höhlen in einem mächtigen Lavastrome, der sich von *Clermont* nach *Rojat* in der *Auvergne* erstreckt, unter denen die Höhle von *Montjoly* die berühmteste ist[2]); die sogenannten *Puits de Neyrac,* oder *Puits de la poule* in *Vivarais*[3]), die Exhalationen zu *Latera* und *Sciacca* in *Sicilien* u. s. w.

Es gehört gewifs zu den seltenen Fällen, dafs Kohlensäure-Exhalationen aus dem ursprünglichen Heerde ihrer Entwicklung kommen, ohne Gewässern zu begegnen.

Der Güte meines verehrten Freundes v. Dechen verdanke ich nachstehende Beschreibung einer sehr merkwürdigen Kohlensäure-Exhalation, auf welche man durch Bohrversuche auf Steinsalz bei *Stetten* in *Hohenzollern* gekommen ist.

Der Salzschacht liegt an dem linken Abhange der *Eyach* zwischen *Haigerloch* und *Stetten.* Die Hängebank des Schachtes liegt etwa 40 Fufs über der Thalsohle. Ein kleiner Stollen von $12^5/_8$ Lachter Länge führt in einer Tiefe von nahe 37 Fufs vom Thale bis zum Schachte.

Die untere Grenze des Kalksteins von *Friedrichshall* ist im Schachte in 158 Fufs Tiefe durchsunken, dann der untere Dolomit, der $36^2/_3$ Fufs mächtig ist, in $194^2/_3$ Fufs

[1]) Ludwig Soolsprudel zu *Nauheim* u. s. w.

[2]) Le Grand d'Aussy voyage d'Auvergne 1788. S. 116.

[3]) Steininger, die erloschenen Vulkane in *Südfrankreich* 1823. S. 82.

Tiefe, wo die Anhydritgruppe ihren Anfang nimmt (sie besteht aus Lagen von Anhydrit und Gyps, Thon, Mergel und Kalkstein). Der Schacht ist im Jahre 1855 bis zu einer Gesammttiefe von 323⅓ Fufs (also 128⅔ Fufs in der Anhydritgruppe) abgeteuft worden und in der Sohle des Schachtes wurde ein Bohrloch von 36 Fufs (also bis zur Gesammttiefe von 359⅓ Fufs) niedergebracht. Nahe unter der Schachtsohle wurde mit dem Bohrloche eine so aufserordentlich starke Ausströmung von Kohlensäure aus den Schichtungsklüften, welche nahe horizontal liegen, angetroffen, dafs 3 Wetterbläser nicht genügten, um den Schacht fahrbar zu erhalten.

Während der Dolomit besonders in seinem untern Theile bis zu 10 Cubikfufs Wasser führte, war das Gebirge unter dem mächtigen Anhydritlager, aus welchem die Kohlensäure ausströmte, vollkommen trocken.

Im Jahre 1856 wurde der Schacht bis zu einer Tiefe von 338⅓ Fufs und das Bohrloch (53 Fufs) also von 391⅓ Fufs niedergebracht, so dafs sehr starke Entwicklungen von Kohlensäure im Schachte und im Bohrloche getroffen wurden. Der Schacht wurde in einer Tiefe von 310 Fufs abgeschlossen, indem der untere Theil des Bohrloches entschieden den Wellenkalk erreicht hatte und der Beweis geliefert war, dafs das Steinsalz, welches in den zu beiden Seiten desselben gelegenen Bohrlöchern getroffen war, in der Gegend des Schachtes fehlte. Es ist durch Streckenbetrieb südlich vom Schachte später erreicht worden, und hat hier bis zu 24 Fufs Mächtigkeit.

Der Abschlufs des Schachtes wollte anfänglich durchaus nicht gelingen, indem sobald die eingesetzten Abflufsröhren geschlossen wurden, die Kohlensäure durch alles Mauerwerk, Cemente und Verdichtungen durchdrang. Erst als eine zweizöllige Röhre von der Verdichtung bis zu dem kleinen Stollen in die Höhe geführt und durch diesen bis zu Tage in die *Eyach* geführt wurde, in welcher die Kohlensäure einen freien Ausweg findet, hat die Ausströmung der Kohlensäure in dem unteren Theile des Schachtes gänzlich aufgehört; und findet der Ausflufs des Gases an der Mündung des Rohres noch jetzt (1861 October) in derselben Stärke wie im Anfange statt.

Wir haben hier eine Kohlensäure-Entwicklung aus nahe horizontal liegenden Schichtungsklüften, unter welchen ein vollkommen trockenes Gebirge liegt. Die Kohlensäure-Entwickelung zeigte sich in einer Tiefe von etwas mehr als 280 Fufs unter der Thalsohle. Bis dahin reichen also nicht die Grundwasser. Wir können daher nicht vermuthen, dafs sie aus tiefer liegenden Sauerquellen komme.

Von allen angeführten Gasexhalationen ist zu vermuthen, dafs sie seit undenklichen, ohne allen Zweifel vorhistorischen Zeiten existiren. Es gibt aber auch vorübergehende Gasexhalationen.

Eine Exhalation dieser Art hat sich im *Reinholdforster* Erbstollen auf der rechten Seite des *Siegflusses* unterhalb *Eiserfeld* gezeigt. Nachstehendes verdanke ich gleichfalls der Güte v. Dechen's. Der 500 Lachter lange Stollen ist in geringer Höhe über der Thalsohle und unter dem Thonschiefergebirge angesetzt. Er hat einen Gang erreicht, in welchem hier einzelne Mittel von Eisenspath theils mit mächtigen Quarzmassen wechseln, theils von vielen Klüften durchsetzt werden. Als im Sommer 1861 eine 2 bis 3 Zoll mächtige und nur unvollständig mit zersetztem Thonschiefer ausgefüllte Kluft durchfahren wurde, zeigte sich am 22. August eine starke Ausströmung von Kohlensäuregas mit Wasser begleitet. Diese Ausströmung verminderte sich im Laufe des Octobers, und hörte Ende desselben auf.

Bei weiterer Verlängerung des Stollens verloren sich die der Kluft entströmenden Wasser und brachen aus andern Klüften hervor. Ebenso ging es auch mit der Ausströmung der Kohlensäure, doch war dieselbe aus keiner dieser Klüfte so bedeutend als aus der ersteren.

Die Zersetzung des Thonschiefer, die Bildung des Eisenspath und die Ausscheidung von Quarz aus dem zersetzten Thonschiefer sind wohl die Wirkungen der Kohlensäure.

Es gibt auch andere vorübergehende Gasexhalationen, die gewöhnlichen Mofetten, welche sich regelmäfsig und an vielen Orten, nach jeder Eruption des *Vesuv*, in dessen Umgebungen entwickeln. Sie erscheinen häufig einen

Monat nach den Ausbrüchen, strömen reichlich und wirken verheerend auf die animalische und vegetabilische Natur; verschwinden aber zuletzt wieder gänzlich[1]).

Die Gasexhalationen in den Umgebungen des *Laacher See's*, sie mögen aus Sauerquellen oder ohne Begleitung mit Wasser statt haben, zeigen nur eine Pressung von 4 bis 5 Zoll Wassersäule.

Dies zeigt, dafs das aus Spalten im Thonschiefergebirge aufsteigende Kohlensäuregas sich im aufgeschwemmten Lande (Detritus) sehr verzweigt. So wie daher dem an einer Stelle ausströmenden Gas Hindernisse entgegentreten: so sucht es an anderen Stellen Auswege. Im *Laacher See*, wo alle Spalten mit Wasser abgesperrt sind, steigt das Gas da auf, wo er die geringste Tiefe hat. Daher entwickelt es sich am Ufer am häufigsten, und nur da, wo der See nicht tiefer als 20 Fufs ist, kommen noch einzelne Gasblasen zum Vorschein. Vergebens habe ich, obgleich ich den See nach den verschiedensten Richtungen häufig durchschiffte, an tieferen Stellen aufsteigende Gasblasen aufgesucht.

Als ich in *Meinberg*, in *Lippe-Detmold*, wo sich aus den dasigen Quellen eine bedeutende Menge Kohlensäuregas entwickelt, das aus der Douche-Röhre ausströmende Gas in ein ungefähr 14 Zoll hohes, mit Wasser gefülltes Gefäfs tauchte, strömte das Gas nicht nur durch das Wasser, sondern letzteres wurde noch wie aus einer Feuerspritze hoch emporgeschleudert[2]). Das dermalen in engen Röhren ungefähr 100 Fufs lang zum Badehaus geleitete Gas soll Wassersäulen von 6 bis 8 Fufs zu überwinden vermögen.

Die bedeutende Menge Kohlensäuregas, welche aus dem schon erwähnten Bohrloche bei *Neusalzwerk* ausströmt, zeigt eine Pressung von 9 Zoll Quecksilbersäule, mithin mehr als 10 Fufs Wassersäule. Dies war aber keineswegs das Maximum der Pressung; denn dies konnte ich nicht mit den mir zu Gebote gestandenen Hülfsmitteln messen. Ehe jenes Bohrloch niedergestofsen wurde, war

[1]) von Buch, Geognostische Beobacht. auf Reisen. II. S. 156.
[2]) Journ. f. pract. Chem. Bd. I. S. 325.

in der dortigen Gegend nirgends eine Kohlensäure-Exhalation zu finden. Es ist daher der einzige Kanal, aus welchem das Gas entweicht: daher seine starke Pressung.

So wie hier ein einziger Kanal zwischen dem Innern und dem Aeufsern durch die Kunst eröffnet wurde, so hat in *Meinberg* die Natur einen oder nur wenige Kanäle in dem Keuper, woraus dort das Gas strömt, gebildet.

Bei mehreren Kohlensäure-Exhalationen hat man eine Veränderlichkeit in der ausströmenden Menge wahrgenommen. Dieser Gegenstand ist ein mehrfach besprochener und nicht selten mystificirter[1]).

Ich hatte Gelegenheit, zu verschiedenen Zeiten und fast ein ganzes Jahr lang vier ganz nahe neben einander, bei *Burgbrohl* entspringende Kohlensäuerlinge mit starker Gasentwicklung zu beobachten. Die Quellen waren sorgfältig gefafst, luftdicht bedeckt und mit 6 bis 30 Fufs langen Bleiröhren, welche das Gas in ein Fabrikgebäude zu technischen Zwecken leiten sollten, versehen. Da sie diesen Dienst nicht leisteten: so wurden die Röhren zur Seite gebogen, und nicht weiter beachtet. Ich nahm Veranlassung, an die Mündung jener Röhren öfters zu riechen, um eine allenfallsige Veränderlichkeit in der Ausströmung der Kohlensäure wahrzunehmen. Während anhaltend trockner Witterung war keine Kohlensäure zu bemerken: nach anhaltendem Regenwetter verspürte ich aber einen starken Geruch nach Kohlensäure.

Diese Erscheinung erklärt sich dadurch, dafs zur nassen Jahreszeit der mit Wasser getränkte Boden das Gas absperrte; es strömte daher durch die Bleiröhre aus. Zur trocknen Jahreszeit fand es aber viele Auswege durch den trocknen Boden, und defshalb konnte es nicht aus der langen Röhre, wo es seinen eigenen Druck hätte überwinden müssen, ausströmen[2]).

Die Gasentwicklung aus einem Mineralwasser ist wohl zu unterscheiden vom Gasgehalte im Wasser, d. i. vom absorbirten Gase.

Ein Mineralwasser, aus welchem sich Kohlensäure-

---

[1]) Vgl. I. Aufl. Bd. I. S. 253 ff.

[2]) Ebend. S. 256 ff.

gas entwickelt, mufs mit Kohlensäure gesättigt sein. Dieser Sättigungszustand richtet sich aber nach dem Drucke der Atmosphäre und nach der Temperatur. Bei hohem Barometer- und bei niederem Thermometerstande hält das Mineralwasser mehr Kohlensäure in Absorption, als bei geringerem Luftdrucke und bei höherer Temperatur[1]). Da zur Gewitterzeit das Barometer niedrig steht: so entwickelt sich dann mehr Gas aus den Säuerlingen, als bei schönem Wetter.

Der Einflufs der Bewegung der atmosphärischen Luft auf das ausströmende Kohlensäuregas zeigt sich, je nachdem diese Ausströmung aus ebenen Flächen oder aus Vertiefungen erfolgt. In dem weiten Kesselthale von *Wehr*, wo die grofsartigste Gasexhalation der dortigen Gegend stattfindet (S. 668), kann man, ohne Gefahr einer nachtheiligen Wirkung auf die Respiration, in ihren Mittelpunkt treten, wenn man nur Sorge trägt, nicht in das durch die Gasströme unterminirte Erdreich zu sinken. Während man in einer concentrirten Kohlensäure-Atmosphäre sich zu befinden glauben sollte, riecht man kaum das Gas, wenn man sich nicht bückt. Das Gas wird daher, so wie es sich hier entwickelt, ein Gemeingut der Atmosphäre, und so grofs seine Menge ist, so verschwindet sie doch gegen das ungeheure Luftmeer. Durch die geringste Luftbewegung vertheilt sich das Gas in die Atmosphäre, und sein gröfseres specifisches Gewicht ist kein Hindernifs für diese Diffusion.

Ganz anders verhält es sich aber bei der Entwicklung aus Vertiefungen, in Kellern oder in Grotten. Solche Stellen füllen sich nach und nach ganz mit dem specifisch schwerern Gase, und die Bewegungen der Luft können keinen Einflufs auf dasselbe haben. Nur dasjenige, was über den Rand der Vertiefung tritt, vertheilt sich in die Atmosphäre. Sind solche Löcher nicht über Mannstiefe, so kann man ohne Gefahr in sie steigen. Ragt der Kopf über den Rand hinaus, so riecht man kaum die Kohlensäure. Will man sich bücken, um ihre Gegenwart zu erkennen, so ist Vorsicht nöthig; denn kommt man zu schnell

[1]) Vgl. I. Aufl. Bd. I. S. 258 ff.

in die Kohlensäure-Atmosphäre, so kann man leicht so betäubt werden, dafs Gefahr des Erstickens eintritt. In Vertiefungen von mehr als Mannstiefe in Gegenden, wo viele Kohlensäure-Exhalationen sich befinden, ist es gefährlich, ohne zuvor eine brennende Lampe hinabgelassen zu haben, hinabzusteigen.

Auffallende Erscheinungen zeigen sich, wenn reiche Kohlensäure-Entwicklungen aus warmen Quellen stattfinden. Beim Erbohren der schon Kap. IV. S. 261 erwähnten intermittirenden Thermalquellen von 32° R. im *Ahrthale*, wovon weiter unten die Rede ist, hatte sich mir eine günstige Gelegenheit zur Beobachtung solcher Erscheinungen dargeboten. In diesen Quellen war ein Wechsel, den man mit der Ebbe und Fluth vergleichen konnte. Obgleich sich zur Zeit der Fluth ungefähr 3 Cub. F. Kohlensäuregas entwickelte: so konnte man doch selbst gebückt in dem kleinen Bassin, welches das Bohrloch umgab, stehen, ohne dafs das Athmen im mindesten beschwerlich ward. Eine nahe an das Bohrloch gebrachte Lampe fuhr fort ungestört zu brennen.

Das Kohlensäuregas kann nicht entweichen in Folge der Verminderung seines spec. Gew. durch die Wärme; denn die 32° R. warme Kohlensäure hat ein spec. Gew., welches immer noch um 0,328 gröfser als das der atm. Luft ist.

Der siedende Wasserdampf treibt alle Luft vor sich weg, und füllt den Raum, wie grofs er auch sein mag, allein aus, welches der Erfahrung angemessen ist. Was der siedende Wasserdampf in vollem Maafse bewirkt, das wird der Wasserdampf von 32° R. theilweise bewirken.

Das Kohlensäuregas führt eine seiner erhöhten Temperatur entsprechende Menge Wasserdampf mit sich, und dieser hält nach seiner Condensation in der kalten Atmosphäre einen grofsen Theil der Kohlensäure in Absorption.

Kann man sich wohl denken, dafs in der atmosphärischen Luft das Kohlensäuregas und Wassergas blos mit einander gemengt seien, wie das Sauerstoffgas und Stickgas es sind? — Sollte sich Kohlensäuregas, welches sich so leicht mit Wasser mischt und dessen liquiden Zustand annimmt, mit gasförmigen Wasser nicht mischen können?

Es ist bekannt, dafs Salzsäuregas in die atmosphärische Luft strömend, augenblicklich mit dem Wassergas

derselben sich zu einem Liquidum verbindet, welches wie ein Nebel in ihr schwebt. Hier bewirkt also die Verwandtschaft beider Gase zu einander, dafs sie ihren Gaszustand aufgeben und eine liquide Flüssigkeit bilden.

Dafs das in die atmosphärische Luft strömende Ammoniakgas sich ebenfalls mit dem Wassergas verbinden werde, ist nicht zu bezweifeln; denn es wird eben so schnell wie das Salzsäuregas und nahe in demselben Verhältnisse wie dieses vom Wasser verschluckt. Dennoch bildet das Ammoniakgas keinen Nebel in der Luft. Gewifs ergreift es aber, wie das Salzsäuregas, das atmosphärische Wassergas und mischt sich mit demselben; es geht jedoch damit keine wahrnehmbare liquide, sondern höchst wahrscheinlich eine gasförmige Verbindung ein.

Strömt Kohlensäuregas in die atmosphärische Luft: so nimmt man gleichfalls keinen Nebel wahr; es gibt also eben so wenig wie das Ammoniakgas mit dem Wassergas eine liquide Verbindung. Entstände eine solche, so würde sie, wie die Verbindung des Salzsäuregases mit dem Wassergas, als Nebel allmälig niederfallen. Dafs sich jedoch die Verwandtschaft des Wassers zum Kohlensäuregas in der Atmosphäre wirklich geltend macht, zeigt der Kohlensäuregehalt des Regenwassers und selbst des Schnee's. Da indefs aus dem kohlensauren Wasser, wenn es in einem offenen Gefäfse steht, das Kohlensäuregas durch blofsen Austausch gegen atmosphärische Luft gänzlich entweicht: so kann es nur durch eine geringe Verwandtschaft an das Wasser gebunden sein. Aus der wässrigen Salzsäure und aus dem wässrigen Ammoniak entweicht aber nur ein geringer Theil des absorbirten Gases, und aus diesen Flüssigkeiten kann selbst nicht durch Kochen alles Gas ausgetrieben werden, sondern der gröfste Theil entweicht mit dem Wasser in gasförmiger Verbindung. In diesen Flüssigkeiten sind daher die Gase durch eine bei weitem gröfsere Verwandtschaft an das Wasser gebunden, als im kohlensauren Wasser, sei es ein natürliches oder ein künstliches Sauerwasser.

Nach de Saussures Untersuchungen ist der Kohlensäuregehalt in der Atmosphäre nur geringen Schwankungen unterworfen. Ihr Wassergehalt variirt aber je nach der

Temperatur und je nach der Richtung der Winde sehr bedeutend. Ist daher ihre Kohlensäure mit ihrem Wassergas in chemischer Verbindung vorhanden: so variirt die Zusammensetzung derselben eben so sehr, wie die liquiden Verbindungen beider Substanzen in dem kohlensauren Wasser. Zwischen jenen gasförmigen und diesen liquiden Gemischen findet jedoch der Unterschied statt, daſs in letzteren, wie in allen liquiden Gemischen der Gase mit dem Wasser, die Menge der absorbirten Gase je nach der Temperatur und nach dem äuſseren Drucke variirt.

Die Säuerlinge finden sich im tiefsten Niveau der Thalsohle, meist in der Nähe der Bäche. Die Gasquellen hingegen kommen in der Regel in einem höheren Niveau, an den Bergabhängen, vor. Die süſsen Quellen flieſsen noch höher über der Thalsohle, manchmal ziemlich hoch zu Tage aus. Alle diese Verhältnisse kann man unmittelbar bei *Burgbrohl* und in dem Thale nach *Glees* beobachten. An jenem Orte sind auf einem engen Raume Mineralquellen, Gasquellen und eine süſse Quelle zusammengedrängt, welche in der angezeigten Ordnung über einander liegen.

Die Säuerlinge sind stets aufsteigende Quellen. Sie können nur entstehen, indem in gröſserer oder geringerer Tiefe die aufsteigenden Quellen mit Kohlensäure-Exhalationen in Berührung kommen.

Nach W. B. und R. E. Rogers[1]) absorbiren 100 Vol. Wasser bei 28 Zoll (par.) Barometerstand an Kohlensäure

bei	0°	3°,5	8°,0	12°,5	16°,9	21°,4	25°,8	30°,2	52°,5
	175,7	147,9	122,2	100,5	83,8	68,6	57,5	50,3	11,4 Vol.

Letztere Volume auf 12°,5 reducirt gedacht. Selbst Wasser, welches unter gewöhnlichem Luftdrucke kocht, absorbirt nach ihnen noch merklich Kohlensäure.

Nach Bunsen bei demselben Barometerstande:

bei	0°	4°	8°	12°	16°
	179,7	145	118,5	100,2	90,1 Vol.

Nach Couërbe[2]) nehmen die Volumina eines vom Wasser absorbirten Gases nicht in gradem, sondern in einem

[1]) Jahresb. I. S. 334.

[2]) Ebend. 1855. S. 278 ff. Fernet's Bestimmungen (ebend. 1856. S. 263) stimmen nahe mit denen von Bunsen überein.

geringeren Verhältnisse mit den Druckgraden zu, so dafs das Wasser unter einem 7fachen Drucke nur das 5fache Volumen von dem unter gewöhnlichem Drucke aufnimmt. Noch höhere Druckgrade führen immer weniger Gas in das Wasser.

Der einfacheren Darstellung wegen wollen wir annehmen: 1 Volumen Wasser absorbire unter jedem Drucke 1 Volumen Kohlensäuregas, wie dies unter dem einfachen Luftdruck wirklich der Fall ist bei einer Temperatur von 12° R. Unter einem Drucke von *n* Atmosphären würde daher das Wasser eine Quantität Kohlensäuregas aufnehmen, welche, auf den einfachen Atmosphären-Druck reducirt, dem *n*fachen Volumen des Wassers gleich wäre. In einer Tiefe von 192 Fufs, wo ein siebenfacher Atmosphären-Druck herrscht, müfste also das Wasser das Siebenfache seines Volumens Kohlensäure, auf den einfachen Luftdruck reducirt, enthalten, wenn es damit gesättigt sein sollte. Steigt dieses kohlensaure Wasser in seinen Kanälen auf: so vermindert sich der Druck, und in 160 Fufs Tiefe, wo nur noch der sechsfache Druck herrscht, entwickelt sich 1 Vol. Kohlensäuregas. Am Quellen-Ausflusse unter dem einfachen Luftdrucke enthält das Wasser nur noch 1 Vol. Kohlensäuregas; die übrigen 6 Vol. haben sich während des Aufsteigens des Wassers aus demselben entwickelt. Unter den angenommenen Bedingungen würde sich mithin aus der Quelle fortwährend, dem Volumen nach, 6mal so viel Gas entwickeln, als Wasser ausfliefst [1]). Unabhängig von der freien Kohlensäure im Wasser ist diejenige, welche die Carbonate in Auflösung erhält, oder sie in Bicarbonate umwandelt, und die man gewöhnlich halbgebundene nennt. Die Menge dieser Kohlensäure ist natürlich in den verschiedenen Tiefen des Quellenlaufs und am Ausflusse stets dieselbe, und beträgt um so mehr, je mehr das Wasser

---

[1]) Da in der obigen Darstellung zur Erläuterung der Absorptions-Verhältnisse in verschiedenen Tiefen willkürliche Beispiele gewählt wurden, so wäre die Sache unnöthiger Weise verwickelt worden, wenn man auf Couërbe's Versuche Rücksicht genommen hätte. Ohnehin ändert sich das Absorptions-Vermögen des Wassers, wenn es Salze aufgelöst enthält, und um so mehr, je mehr der Salzgehalt zunimmt.

Carbonate enthält. Sie verflüchtigt, wenn kohlensaures Wasser an der Luft steht oder erhitzt wird, später, als die freie.

Das aus dem erwähnten Bohrloche sich entwickelnde Kohlensäuregas steigt in unzähligen kleinen Bläschen auf, denn da während des Aufsteigens des Wassers der hydrostatische Druck allmälig abnimmt: so kann das Gas auch nur allmälig, d. h. nur in den kleinsten Bläschen, welche wegen der Geschwindigkeit, womit sie aufsteigen, nicht Zeit haben, sich zu gröfseren Blasen zu vereinigen, sich losreifsen. Daher erscheint das ausfliefsende Wasser ganz in Schaum umgewandelt. Es ist eine ähnliche Erscheinung wie beim Oeffnen einer mit Champagner gefüllten Flasche.

Steigt das Kohlensäuregas in den kleinsten Blasen aus einem Bohrloch auf: so beweiset dies, dafs das in unbekannten Tiefen zum aufsteigenden Wasser tretende Kohlensäuregas nicht mehr betragen könne, als dieses Wasser unter dem hydrostatischen Drucke aufzunehmen vermag; denn betrüge das Gas mehr: so würde dieser Ueberschufs in grofsen Blasen aufsteigen.

Kaum wird man eine. an Kohlensäure reiche Mineralquelle finden. aus der sich das Gas nur in kleinen Bläschen entwickelt. Unter den hunderten von Säuerlingen, welche ich zu beobachten Gelegenheit hatte, ist mir keiner vorgekommen, der nicht, neben unzähligen kleinen Bläschen, auch einzelne grofse Blasen entwickelt hätte. In der Regel steigen jene mehr in der Mitte, diese am Rande der Quelle auf. Nicht selten sieht man, wie die grofsen Blasen in bestimmten Zeitintervallen aufsteigen, so dafs man sie als ein Zeitmaafs gebrauchen könnte [1]).

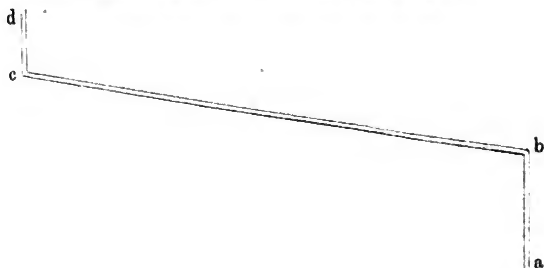
Dagegen gibt es Bohrlöcher, aus denen (zu *Neusalzwerk* und *Nauheim)* die Kohlensäure nur in kleinen Bläschen aufsteigt. Im Kap. XIV werden wir ein Bohrloch

---

[1]) Vor 20 Jahren besuchte ich eine Mineralquelle (*Bellerbor* bei *Cobern* an der *Mosel*), welche in einem sehr engen, tief im Thonschiefergebirge eingeschnittenen Thale liegt. Die Kohlensäure entwickelte sich sehr selten in einzelnen Bläschen. Plötzlich trat aber eine ziemlich starke Entwicklung ein, die etwa eine halbe Minute anhielt. Vier Monate später, im October, kam ich wieder dorthin, und beobachtete ganz dieselbe Erscheinung.

kennen lernen, in welchem auch Kohlenwasserstoffgas nur in solchen Bläschen aufsteigt.

Der Unterschied zwischen dem Aufsteigen aus Sauerquellen und aus Bohrlöchern liegt darin, dafs die Kanäle der ersteren nie so regelmäfsig niedergehen, wie in den letzteren. Eine natürliche aufsteigende Quelle nimmt häufig die unregelmäfsigsten Wege, und je unregelmäfsiger diese sind, desto weniger wird das sich entwickelnde Gas in kleinen Bläschen aufsteigen.



Denken wir uns den Lauf einer aufsteigenden Quelle von seinem tiefsten Punkte *a* bis zu seinem Ausflusse *d*, wie in vorstehender Figur: so werden sich, während die Quelle von *a* nach *b* aufsteigt, unzählige kleine Bläschen entwickeln, welche sich in dem geneigten Kanale *b c* an seiner Firste langsam fortbewegen, und um so langsamer, je kleiner der Neigungswinkel des Kanales ist. Während dieser langsamen Fortbewegung vereinigen sich aber die kleinen Bläschen zu grofsen Blasen, und diese steigen, so wie sie nach *c* kommen, in dem senkrechten Kanale *c d* schnell auf. Beim Aufsteigen der Quelle von *c* nach *d* entwickeln sich natürlich auch noch kleine Bläschen, die, ohne sich zu grofsen zu vereinigen, aufsteigen. So haben wir einen Säuerling, aus dem grofse Blasen in abgemessenen Zeitintervallen, und zwar, in der Figur rechts am Rande des Bassins, bei *d* sich erheben, während kleine Bläschen in der ganzen Quelle zerstreut aufsteigen.

Von der Höhe des Kanals *c d* hängt es ab, ob sich mehr oder weniger kleine Bläschen entwickeln. Ist *c d* z. B. 32 Fufs, und war das Wasser bei *c* mit Gas gesättigt:

so beträgt das Volumen desselben gerade so viel, wie das des abfliefsenden Wassers. Je nachdem die Quellen-Kanäle gestaltet, mehr oder weniger geneigt oder senkrecht sind, viel oder wenig Kohlensäure zum Wasser tritt, werden sich mannichfaltige Modificationen in der Entwicklung des Gases zeigen, und man sieht, wie man aus der Entwicklungsart auf die Gestaltung der Kanäle mehr oder weniger schliefsen kann.

Sollte sich irgendwo ein Säuerling finden, aus dem nur die kleinsten Bläschen Kohlensäuregas aufstiegen: so würde dies ein sicheres Zeichen sein, dafs die Quelle in einem mehr oder weniger senkrechten Kanal aufstiege. Sind dagegen die Kanäle wie in der obigen Figur gestaltet, und ist der Theil *c d* wenig hoch: so können sich auf dem kurzen Wege, den das aufsteigende Wasser in diesem letzteren Theile seines unterirdischen Laufes nimmt, nur wenige kleine Bläschen aus dem Wasser entwickeln; es kommen also nur die grofsen Blasen zum Vorschein, die sich in dem geneigten Kanale *b c* durch Vereinigung der kleinen gebildet haben. Liegt *c* ganz nahe unter der Oberfläche, so können nur grofse Blasen aus der Quelle aufsteigen.

Dieser Fall findet namentlich da statt, wo eine wasser- und luftdichte Thonschicht die Oberfläche bedeckt. Es kann dann geschehen, dafs *b c* ganz oder fast horizontal liegt, und die bei *b* aufsteigende Quelle unter der Thonschicht einen langen Weg zurücklegt, ehe sie die Oeffnung *c* findet, wo diese Schicht durchbrochen ist. Wegen technischer Benutzung der Kohlensäure-Exhalationen im Thale von *Burgbrohl,* hatte ich Gelegenheit, mehrere Mineralquellen unter meinen Augen fassen zu lassen. Einige Male fand ich, dafs die Kanäle der Quellen sich oft sehr weit söhlig fortziehen.

Strömt die Kohlensäure seitwärts in die Kanäle der aufsteigenden Quelle und nur in geringer Tiefe unter dem Ausflusse derselben: so bildet sich ein Säuerling, der je nach der Menge der vom Wasser absorbirten Kohlensäure, eine reichliche Gasentwicklung zeigen kann, aber an fixen Bestandtheilen arm ist. Auf dem kurzen Wege von *c* bis *a* kann das mit Kohlensäure imprägnirte Wasser wenig oder nichts lösen.

Um die Geschwindigkeit der Kohlensäure-Blasen, welche in Quellen oder Bohrlöchern aufsteigen, zu ermitteln, dienten 3 mit Wasser gefüllte Blechröhren von 68,3; 171,6; 223 par. Zoll Höhe. Am untern Ende war eine mit einem Hahn versehene Tubulatretorte angebracht, worin Kohlensäure aus zweifach kohlensaurem Natron durch Weinsäure entwickelt wurde. Durch momentanes Oeffnen des Hahns traten einige Blasen comprimirten Gases in die Röhre. Die Zeiten des Aufsteigens konnten sehr genau gemessen werden. Bald erkannte ich jedoch, dafs grofse Blasen schneller aufstiegen, als kleine. Je mehr nämlich das Gas in der Retorte comprimirt war, desto mehr trat davon in die Röhre, und desto gröfser wurden die Blasen. Aber auch kleine Zeit-Differenzen zwischen dem Oeffnen und Verschliefsen des Hahns bei oft wiederholten Versuchen hatten einen Einflufs auf die Gröfse der Blasen.

In nachstehender Tabelle sind die mittleren Werthe aus vielen Versuchen zusammengestellt:

Höhe der Wassersäule, in welcher die Gasblasen aufstiegen.			Mittlere Aufsteigungs-Höhe in 1 Sec.	
Erste Reihe	68,3 par. Zoll	. . . .	10,5	par. Zoll
Zweite Reihe	171,6 „ „ . . .	Gröfste Blasen	11,4	„ „
„ „	„ „ „ . . .	Kleinste „	9,5	„ „
Dritte Reihe	223,0 „ „ . . .	. . . .	9,9	„ „
„ „	„ „ „ . . .	Maximum . .	11,15	„ „
„ „	„ „ „ . . .	Minimum . .	9,1	„ „

Um approximative Werthe für die Aufsteigungs-Höhen der gröfsten und der kleinsten Blasen zu erhalten, wurde das Mittel für jene und für diese berechnet. Es wurden die in der Tabelle angeführten Werthe gefunden, woraus sich ergibt, dafs die Geschwindigkeit der gröfsten Blasen 1,2mal so grofs ist, als die der kleinsten Blasen.

Bei den Versuchen der dritten Reihe wurde Sorge getragen, dafs die Zeiten des Oeffnens und Schliefsens des Hahns möglichst gleich waren; mithin nahe gleich grofse Blasen aufstiegen.

Das Aufsteigen der Gasblasen erfolgt nicht mit einer von der Höhe der Wassersäule an sich abhängigen beschleunigten Geschwindigkeit; denn die Geschwindigkeit in den drei Versuchs-Reihen ist: 10,5; 10,45 (Mittel zwischen

den gröfsten und kleinsten Blasen) und 9,99; mithin beinahe gleich, obschon die Höhen der drei Röhren sich verhielten wie 1:2,5:3,3 [1]). Da aber grofse Blasen schneller aufsteigen als kleine: so mufs die Geschwindigkeit zweier Ursachen wegen etwas zunehmen. Erstens: mit abnehmender Höhe nimmt der hydrostatische Druck ab, folglich die Gröfse der Blasen und damit ihre Geschwindigkeit zu; zweitens: die kleinen Blasen werden von den gröfsern eingeholt und vergröfsern sich dadurch.

Die Geschwindigkeit der kleinsten Blasen verhält sich nach meinen Versuchen zu der der gröfsten = 1 : 1,2. In demselben Verhältnisse würden daher die Volumina der Blasen stehen; dies ist aber keineswegs der Fall; denn die grofsen Blasen haben ganz gewifs ein bei weitem gröfseres Volumen als das 1,2fache der kleinen.

Die ermittelten Geschwindigkeiten der aufsteigenden Gasblasen beziehen sich blos auf stehende Wassersäulen. In den Kanälen einer an Kohlensäure reichen Mineralquelle steigen mit dem Wasser die von diesem eingeschlossenen Blasen auf. Zu jener Geschwindigkeit kommt also noch die des aufsteigenden Wassers. Je wasserreicher die Quelle, desto gröfser ist diese Geschwindigkeit.

In den Röhren trat das Gas nur an einer Stelle in dieselben. In den Kanälen einer Quelle fängt dagegen die Gasentwicklung in der Tiefe an, wo der hydrostatische Druck nicht mehr hinreicht, die ganze Menge der freien Kohlensäure in Absorption zu erhalten. Von hier an und bis zum Ausflusse der Quelle dauert die Gasentwicklung aus dem aufsteigenden Wasser ununterbrochen fort. Dieses Gas scheidet sich in den kleinsten Bläschen aus, welche mit der geringsten Geschwindigkeit aufsteigen. Da sich aber diese Bläschen mit denen, welche sich in jedem höheren Punkte aus dem aufsteigenden Wasser entwickeln,

---

[1]) Thrémin (Recherches sur la figure et le mouvement d'une bulle d'air, dans un liquide de densité constante. Crelle Journ. für die reine und angewandte Mathematik. Bd. V. S. 93 u. 374) hat durch den Calcul gefunden, dafs die Steighöhen der Luftblasen in gleichen Zeiten sich verhalten wie ihre Volumina, und dafs die Quadrate der Zeiten für gleiche Steighöhen im umgekehrten Verhältnisse zum Volumen stehen.

vereinigen: so nimmt ihre Gröfse und damit ihre Geschwindigkeit fortwährend zu. Sind sie so grofs geworden, dafs sie den Kanal bis zu einer gewissen Höhe ganz ausfüllen, und geschieht dies, wie begreiflich, gleichzeitig an mehreren übereinander liegenden Punkten des Kanals: so erfüllt sich dieser mit abwechselnden Wasser- und Gassäulen; der hydrostatische Druck der ganzen Säule nimmt daher um so mehr ab, je mehr die Gassäulen im Verhältnifs zu den Wassersäulen betragen. Die Folge davon ist, dafs der Druck der communicirenden Wassersäule, welcher die Quelle zum Aufsteigen bringt, relativ zunimmt, und diese mehr oder weniger über ihren normalen Wasserstand hebt: es bildet sich eine, aus wechselnden Wasser- und Gassäulen bestehende Fontaine. Ist der ganze Inhalt des Quellenkanals bis zu seinem tiefsten Punkte herausgeschleudert worden: so folgt neues kohlensaures Wasser nach, welches der drückenden communicirenden Wassersäule das Gleichgewicht so lange hält, bis die Ausscheidung und das Aufsteigen des Gases wiederum eintritt. Während dieser Zwischenzeit sinkt der Quellenspiegel. Wir haben daher die Erscheinungen einer intermittirenden Quelle.

Es ist nicht allein die Gewichts-Differenz zwischen der drückenden Wassersäule und den Wasser- und Gassäulen in dem Quellenkanal, wodurch letztere gehoben werden, sondern auch die Ausdehnung der Gassäulen beim Aufsteigen wirkt hebend.

Es sei die Höhe der obersten Wassersäule H Fufs, die Höhe der unter ihr befindlichen Gassäulen h F. Wird erstere um 32 F. gehoben so ist ihre Höhe $= H - 32$ F., die Höhe der letzteren aber dann $= 2h$; mithin die Höhe der obersten Wassersäule $= H - 32 - h$. Beim Aufsteigen um 32 F. wird demnach von der H Fufs hohen Wassersäule eine Säule von $32 + h$ F. Höhe herausgeschleudert. Während dieses Aufsteigens entwickelt sich aber, in Folge des abnehmenden hydrostatischen Drucks, fortwährend Gas; die Wassersäule zertheilt sich daher in mit einander wechselnde Wasser- und Gassäulen, wovon die letzteren gleichfalls hebend auf die ersteren wirken.

Die Unregelmäfsigkeit in den Kanälen der aufsteigenden Quellen sind die Ursache, dafs auf natürlichem

Wege entstandene intermittirende Quellen, deren Intermittenz von periodischen Gasentwicklungen herrührt, so selten vorkommen [1]). Die Richtung, die Verzweigung, die Länge und die Weite dieser Kanäle wechseln auf die mannichfaltigste Weise. Solche Wechsel wirken aber der Bildung intermittirender Quellen entgegen.

Ganz anders verhält sichs in erbohrten aufsteigenden Quellen. Die Bohrlöcher stehen in der Regel senkrecht und sind in ihrer ganzen Tiefe von gleicher Weite. Werden an Kohlensäure reiche Mineralquellen erbohrt: so sind die Bedingungen zur Entstehung künstlicher intermittirender Quellen gegeben.

Die theoretisch ermittelten Verhältnisse finden ihre Bestätigung durch die Erscheinungen, welche ich beim Niedertreiben der erwähnten Bohrlöcher zu beobachten Gelegenheit hatte. Davon weiter unten.

Säuerlinge, reich an kohlensauren Alkalien, können sich, wie oben bemerkt worden, nur bilden, wenn das mit Kohlensäure imprägnirte Wasser mit Gesteinen, welche alkalische Silicate enthalten, längere Zeit in Berührung bleibt. Der Bildungsprocefs eines solchen Mineralwassers ist also nur zu begreifen, wenn in der wasserhaltigen Schicht, wo das Wasser stagnirt, der Zutritt des Kohlensäuregases zu demselben erfolgt. Da selbst die an kohlensaurem Natron reichsten Mineralquellen, wie z. B. die *Josephsquelle* zu *Bilin*, doch nur 0,4 % davon enthalten, während eine gesättigte Auflösung 20mal so viel enthält: so bleiben die kohlensauren Gewässer nie so lange mit Gesteinen in Berührung, dafs sie sich ganz mit den Producten der Zersetzung sättigen könnten. Dies könnte auch nur dann möglich sein, wenn die Gewässer in den Klüften der Gesteine fortwährend mit frischer Kohlensäure in Berührung kämen.

Sollte eine gesättigte Auflösung von Natronbicarbonat durch Zersetzung eines Natronsilicats sich bilden: so müfste dasselbe Quantum Wasser nach und nach min-

---

[1]) In Deutschland sind nur der *Ragozi* zu *Kissingen*, die Soolsprudel von *Nauheim* und die nachher beschriebenen Sprudel bei *Neuenahr* im *Ahrthale*

destens sein 23faches Volumen Kohlensäure aufnehmen. In einer Tiefe von 704 Fufs herrscht der 23fache Luftdruck, und eine Temperatur, welche die mittlere des Orts um ungefähr 6°,5 übersteigt. Dafs Quellen aus noch viel gröfseren Tiefen kommen, zeigt die Temperatur der Thermen, welche die mittlere des Orts häufig viel mehr übertrifft. Ungeachtet diese Bedingungen, zur Aufnahme einer so grofsen Menge Kohlensäure durch das Wasser, als vorhanden gedacht werden müssen: so zeigt doch die *Josephsquelle* von *Bilin*, dafs 0,4 % Natronbicarbonat so ziemlich das Maximum sein möge, welches in einer Mineralquelle gefunden wird.

Nachher werden wir Messungen einiger Kohlensäure-Exhalationen aus Quellen und der gleichzeitig aus denselben abfliefsenden Wasser mittheilen. Es wird sich ergeben, dafs das Volumen der aufsteigenden Kohlensäure das des gleichzeitig aufsteigenden Wassers nicht sehr bedeutend übertrifft. Das 23fache Volumen Kohlensäure, wie es wenigstens erforderlich wäre, wenn das mit Gesteinen in Berührung kommende Wasser sich mit Natronbicarbonat sättigen sollte, tritt, nach allen bisherigen Erfahrungen, mit dem Wasser nie in Berührung.

Zersetzungen von Gesteinen gehen, wie die Erscheinungen auf der Erdoberfläche zeigen, sehr langsam von Statten. Im Innern, wo sie in beständiger Berührung mit kohlensaurem Wasser sind, wo ein mehr oder weniger starker Druck wirkt, erfolgen diese Zersetzungen gewifs viel schneller; dennoch sind lange Zeiträume dazu erforderlich. Vielleicht würde ein Jahre langer Contact zur Sättigung des Wassers mit Natronbicarbonat nöthig sein. Eine solche Stagnation der Gewässer könnte indefs nur möglich sein, wenn Wassersammlungen von ganz enormer Ausdehnung in der unterirdischen Mineralwasser-Werkstätte existirten. Solche Wassersammlungen finden sich zwar, aber wohl nur im Kalkgebirge, welches Höhlen von bedeutendem Umfange einschliefst, nicht aber in Gesteinen, welche nur wenig Zwischenräume haben. Kurz, die Wassercirculation, das Aufsteigen der Gewässer und das Zutreten neuer Meteorwasser geht zu rasch von Statten, als dafs ein langes Verweilen der kohlensauren Was-

ser zwischen den der Zersetzung unterworfenen Gesteinen möglich wäre.

So könnte es denn auch nicht erreicht werden, wenn im Verhältnisse, als die Kohlensäure der Gewässer zur Zersetzung der Natronsilicate und zur Bildung von Carbonaten verwendet wird, neue Kohlensäure zuträte. In diesem Falle möchte auch die Zunahme der Carbonate im Wasser hindernd auf die weitere Absorption wirken, da die Absorptionsfähigkeit des Wassers mit der Aufnahme von Salzen abnimmt [1]).

Dafs endlich Quellen, deren Temperatur die mittlere des Orts wenig übertreffend und defshalb sehr nahe unter der Erdoberfläche Ursprung nehmend, noch bei weitem geringere Quantitäten von Natronbicarbonat aufnehmen, ist einleuchtend. In diesem Falle begünstigt kein bedeutend höherer Druck die Absorption einer gröfseren Menge Kohlensäure, die Wasser-Circulation geht schneller von Statten, als bei Thermen, welche aus gröfserer Tiefe kommen; die Umstände zur Auflösung sind daher viel weniger günstig, als bei diesen.

Trommsdorff [2]) hat zuerst eine Messung einer Kohlensäuregas-Exhalation vorgenommen. Er fand, dafs die Gasquelle zu *Kaiser-Franzensbad* im Jahre 2^{m}102400 Cubikfufs [3]) Kohlensäuregas liefert, dem noch lange nicht 1 % Schwefelwasserstoffgas beigemengt ist. Ich habe gefunden, dafs eine Gasquelle bei *Burgbrohl* im Jahr 1^{m}546505 Cubikfufs bis 2^{m}062250 Cubikfufs oder 196370 bis 261705 Pfund Kohlensäure liefert [4]), und dafs das aus dem Bohr-

---

[1]) Bineau (Jahresb. 1857. S. 86) machte die nicht unerwartete Beobachtung, dafs ein geringer Gehalt an einfach kohlensaurem Kalk dem Wasser das Vermögen gibt, Kohlensäure aus der Luft in gröfserer Menge aufzunehmen, und dieselbe fester zu halten als dies bei reinem Wasser der Fall wäre. Diesem gemäfs werden die im zerklüfteten Kalkgebirge und in seinen Höhlen sich bewegenden Wasser, welche in vielfache Berührung mit der atmosphärischen Luft kommen, mehr Kohlensäure absorbiren, als die in andern Gesteinen, z. B. im Quadersandstein sich bewegenden Wasser.

[2]) Die Mineralquellen zu *Kaiser-Franzensbad* bei *Eger* von Osann und Trommsdorff. II. Aufl. Berlin 1828. S. 134.

[3]) A. a. S. steht irrthümlich die Zahl 1^{m}102400 C. F.

[4]) Das Verfahren, wodurch diese Bestimmung gemacht wurde,

loche bei *Neusalzwerk* frei ausströmende Gas im Jahre 1m576800 Cubikfufs, bei 26°,2 R. Temperatur der ausfliefsenden Soole und bei 28″ 7¼‴ Barometerstand gemessen, beträgt, und dafs dieses Gas 93,86 % Kohlensäure enthält.

Das Volumen des aus dem Bohrloche ausfliefsenden Wassers beträgt 20mal so viel, als das des ausströmenden Gases; denn in einer Minute fliefsen 60 Cubikfufs Wasser ab. Die vom Wasser in Absorption gehaltene Kohlensäure beträgt 0,722 vom Volumen des Wassers. Mit der abfliefsenden Soole werden also im Jahre 22m768992 Cubikfufs fortgeführt. Das frei ausströmende und das mit dem Wasser fortgeführte Kohlensäuregas beträgt demnach im Jahre 24m248976 Cubikfufs.

Die Menge des frei ausströmenden Kohlensäuregases verhält sich zu dem vom Wasser absorbirten (die Kohlensäure der Bicarbonate mit eingeschlossen) wie 1 : 15,36. Da nun durch den Druck der Atmosphäre, gleich einer Wassersäule von 32 Fufs Höhe, die absorbirte Kohlensäure zurückgehalten wird: so ist aufser diesem Drucke noch ein Druck einer Wassersäule von $\frac{32}{15,36} = 2,08$ Fufs Höhe erforderlich, um auch die ausströmende Kohlensäure in Absorption zu halten. In der geringen Tiefe von ungefähr 2 Fufs unter dem Wasserspiegel im Bohrloche fängt also das Kohlensäuregas erst an, sich aus der Soole zu entwickeln. Tiefer hinab ist es in vollständiger Absorption.

Beim Niedertreiben des Bohrloches trat erst in 1580 Fufs Tiefe die Kohlensäure-Entwicklung ein. In dieser Tiefe wurde klüftiges Gebirge erreicht, und die Wasserzuflüsse vermehrten sich bedeutend. In geringeren Teufen als 1580 Fufs kann daher die Kohlensäure nicht zum Wasser strömen. Hier herrscht aber ein hydrostatischer Druck von 50⅜ Atmosphären, dem die zuströmende Kohlensäure ausgesetzt ist.

Da die Kohlensäure in so aufserordentlich comprimirtem Zustande dem Wasser zuströmt: so ist ihr Volumen, im Verhältnisse zu dem des Wassers, von dem sie

sowie ein anderes, welches genauere Resultate liefert, ist I. Aufl. Bd. I. S. 274 beschrieben worden.

absorbirt wird, sehr gering. Es kann ungefähr nur $^1/_{50}$ von dem des Wassers betragen.

Das aus diesem Bohrloche mit reichlicher Kohlensäure-Entwicklung ausfliefsende Wasser hält doch nicht diejenige Menge Kohlensäure absorbirt, welche nöthig wäre, einen Säuerling von dem Natronbicarbonat-Gehalte der *Josephsquelle* in *Bilin* zu bilden, wenn es auch auf seinem unterirdischen Wege mit natronhaltigen Silicaten in Berührung käme.

Messungen der relativen Verhältnisse von Kohlensäuregas und Wasser, welche Mineralquellen geben, anzustellen, habe ich schon früher Gelegenheit gehabt[1]. So fand ich die Menge des Gases, welches in der Nähe von *Burgbrohl* aus einem Säuerling, der wohl zu den an Kohlensäure reichsten gehören mag, ausströmt, 4237 Cubikfufs in 24 Stunden, und die des in dieser Zeit ausfliefsenden Wassers 1157 Cubikfufs. Da das Wasser das 1,65fache Volumen freies und halbgebundenes Kohlensäuregas enthält, so beträgt die ganze Menge des absorbirten und des entwickelten Gases 6146 Cubikfufs in 24 Stunden, folglich das 5,3fache Volumen des Wassers. Die Temperatur dieser Mineralquelle übersteigt die mittlere des Orts um ungefähr 4° R.; sie wird daher aus einer Tiefe kommen, wo ein hydrostatischer Druck von $14^3/_8$ Atmosphären stattfindet. Angenommen, dafs in dieser Tiefe das Kohlensäuregas in solcher Menge zum Wasser träte, dafs dieses ganz damit gesättigt werden könnte: so würde das Wasser fast 3mal so viel Kohlensäure, als es wirklich enthält, absorbiren können.

Eine andere Mineralquelle in der Nähe jener, aus der gleichfalls eine sehr bedeutende Gasausströmung stattfindet, und in welcher die relativen Quantitäten Gas und Wasser, welche sie liefert, mit noch gröfserer Genauigkeit gemessen werden konnten, gibt in 24 Stunden 3063 Cubikfufs Kohlensäuregas und 3645 Cubikfufs Wasser. Da das Wasser das 1,55fache Volumen freies und halbgebundenes Kohlensäuregas enthält: so beträgt die ganze Menge 8713 Cubikfufs in 24 Stunden, folglich das 2,4fache

[1] Poggendorff's Ann. Bd. XXXII. S. 250.

Volumen des Wassers. Die Temperatur dieser Mineralquelle übersteigt ebenfalls die mittlere der dortigen süfsen Quellen um ungefähr 4°; sie kommt daher gleichfalls aus einer Tiefe, wo ein hydrostatischer Druck von ungefähr $14^3/_8$ Atmosphären herrscht. Träte das Kohlensäuregas in solcher Menge zum Wasser, dafs dieses ganz damit gesättigt werden könnte: so würde das Wasser fast 6mal so viel Kohlensäure, als es wirklich enthält, absorbiren.

Dafs die Kohlensäure, wenigstens gröfseren Theils, in der Tiefe des Wasserlaufes vorstehender Mineralquellen zum Wasser tritt, ist wohl nicht zu bezweifeln. — In diesem Fall können aber die grofsen in ihnen aufsteigenden Blasen keine Gasquellen sein: sondern sie sind in der Tiefe vom Wasser absorbirt, und reifsen sich erst beim Aufsteigen der Quelle, in Folge des sich vermindernden hydrostatischen Drucks los. Dafs das Gas meist in grofsen Blasen aufsteigt, zeigt, wie oben (S. 681) dargethan worden, den unregelmäfsigen Lauf der Quelle in verschiedenen Neigungen.

Gibt es Fälle, wo Kohlensäuregas frei durch eine Wasserquelle strömt: so sind sie gerade bei denjenigen Mineralquellen, deren Temperatur die mittlere des Orts wenig übertrifft, am meisten zu vermuthen. Hier begegnen die Gewässer den Kohlensäure-Exhalationen nahe unter der Erdoberfläche, mithin kann nur ein geringer hydrostatischer Druck die Absorption der Kohlensäure befördern. Entwickelt sich gleichwohl aus solchen Quellen viel Gas, so ist zu erwarten, dafs es, besonders wenn ihr Wasserabflufs gering ist, frei durch den Quellen-Kanal ströme, und mithin eine wahre Gasquelle sei.

Bunsen[1]) fand die jährliche Menge der Exhalation aus den erbohrten Soolquellen zu *Nauheim* (S. 680) gleich 7^{m}884000 Cubikfufs kalte oder 8^{m}859200 Cubikfufs 26°,4 heifse Kohlensäure: d. i. 10000 Centner. Zwei andere daselbst erbohrte Quellen liefern ungefähr 4 Mill. Cubikfufs.

Durch Vergleichung jener Gasmenge mit der des ausfliefsenden Wassers fand er, dafs letzteres hinreicht, um unter einem Drucke von 2 bis $2^1/_2$ Atmosphären die

---

[1]) A. a. O.

ganze Menge der freien Kohlensäure, unbeschadet des in dem Wasser schon enthaltenen Gases, noch aufzunehmen. Da das Bohrloch 114 Fufs tief ist, so beträgt der Druck an der untern Mündung gegen 4 Atmosphären. Man kann daher mit grofser Wahrscheinlichkeit annehmen, dafs das Gas in der Tiefe des Bohrloches vom Wasser völlig in Absorption gehalten, und erst beim Aufsteigen desselben frei werde. Das Gas wirkt als bedeutende Kraft beim Aufsteigen des Wassers mit; denn als man die Oeffnung des Bohrloches bis auf 3 Zoll Durchmesser verengte, stieg der Wasserstrahl 10 Fufs in einem aufgesetzten Rohre empor und erhob sich dann noch etwa 8 Fufs hoch frei in die Luft. Verschlofs man das Bohrloch und öffnete es nach einiger Zeit wieder, so stieg das Wasser in dem oben erwähnten prachtvollen Wasserstrahl hervor. Die Untersuchung des 3 Fufs tief im Bohrloche aufgefangenen Gases zeigte auch nicht die geringste Spur eines fremden Gases.

Eine der Gasexhalationen zu *Marienbad*, welche vor einigen Jahren für Gasbäder abgeschlossen und mit einer Röhrenleitung versehen wurde, liefert, nach Heidler[1]) 1m314000 Cubikfufs. Nach v. Graefe[2]) entwickeln sich aus der Badequelle zu *Pyrmont* im Jahr wenigstens 1m226400 Cubikfufs und aus sämmtlichen dasigen Kanälen mindestens 6m570000 Cubikfufs Kohlensäuregas. Aus dem Trinkbrunnen zu *Driburg* entwickeln sich, nach Suadicani[3]) 2m190000 Cubikfufs Kohlensäuregas. Uebertroffen werden diese Exhalationen von den beiden Mineralquellen zu *Meinberg*, welche jährlich 10m512000 Cubikfufs Kohlensäure liefern[4]).

Neusalzwerk, *Pyrmont*, *Driburg* und *Meinberg* liegen mitten in sedimentären Formationen, entfernt von vulkanischem Gebiete und von Basalten.

Fr. Hoffmann[5]) weiset aufserdem einen ansehnlichen Landstrich in jener Gegend auf dem linken Ufer

[1]) Pflanzen und Gebirgsarten *Marienbads*. S. 170.
[2]) A. a. O. S. 403.
[3]) Hufeland's Journ. XIV. St. 2. S. 11.
[4]) Piterit über dis Gasquellen *Meinberg's*. S. 30.
[5]) Poggendorff's Ann. Bd. XVII. S. 156.

der *Weser* nach, in dem überall, wo der bunte Sandstein unter dem Muschelkalk zu Tage kommt, Kohlensäure austritt. Es ist daher nicht zu zweifeln, dafs in diesem Landstriche überall, wo man nur tief genug bohrt, Kohlensäure hervorkommt. Die mächtige Kohlensäure-Entwicklung aus dem Bohrloche zu *Neusalzwerk* ist daher nicht eine isolirte Erscheinung.

Alle an Kohlensäure mehr oder weniger reiche Mineralquellen in jenem Landstriche (*Neusalzwerk* ausgenommen) haben eine niedrige, die mittlere des Orts wenig übersteigende Temperatur. Ihre Gewässer kommen daher in geringer Tiefe mit den Kohlensäure-Strömen in Berührung. Die Pressung, welcher diese Gasströme ausgesetzt sind, kann also nur wenige Atmosphären betragen.

Diese Kohlensäure-Exhalationen haben ihren Ursprung im bunten Sandstein. Ihr Sitz kann also in keiner jüngeren Formation gesucht werden. Die Exhalationen zu *Meinberg* kommen zwar aus dem Keuper; da aber die sämmtlichen Exhalationen in jenem Landstriche höchst wahrscheinlich einen gemeinschaftlichen Ursprung haben: so werden die zu *Meinberg* gleichfalls aus dem bunten Sandstein kommen, aber durch Spalten im Muschelkalk und Keuper zu Tage treten.

Man hat den Kohlensäure-Exhalationen einen Antheil an den Hebungen, Aufrichtungen und Zerreifsungen der Gebirgsmassen zuschreiben wollen [1]). Das Phänomen dieser

---

[1]) Fr. Hoffmann a. a. O. S. 153. Er macht auf Stifft's Beobachtung aufmerksam, wonach die zahlreichen, an Kohlensäure so sehr reichen Mineralquellen im Herzogthum *Nassau* fast immer an solchen Stellen austreten, wo die in der Nähe zu Tage gehenden Gesteinsschichten merkwürdige Veränderungen im Streichen und Fallen und sattelförmige Erhebungen zeigen. Dies soll genau dieselbe Erscheinung sein, wie sie sich in Westphalen zeigt, und sie soll für eine noch fortdauernde, unterirdische Thätigkeit sprechen.

Es ist überflüssig, eine solche Schlufsfolge zu wiederlegen. Zerreifsungen der Schichten, sattelförmige Erhebungen einer so mächtigen, sedimentären Formation, wie das Uebergangsgebirge, kann unmöglich durch Kohlensäure-Entwicklungen, welche eine so geringe Pressung haben, bewirkt worden sein. Dieses Gas strömt da aus, wo Kanäle sich bis zum Herde ihrer Entwicklung herabziehen. Diese

Entwicklungen ist aber ohne Zweifel in unbekannten Regionen im Erdinnern so allgemein und so verzweigt, dafs, wenn ihm an einer Stelle Hindernisse in den Weg treten, das Gas an einer andern, weit davon entfernten hervortritt. Vor dem Niederstofsen der Bohrlöcher zu *Neusalzwerk* und *Nauheim* waren unstreitig die bedeutenden Quantitäten Kohlensäuregas, welche jetzt aus ihnen zu Tage kommen, schon vorhanden. Sie hatten aber früher andere Auswege gehabt, und diese blos defshalb verlassen, weil ihnen durch jene Bohrlöcher leichtere verschafft wurden.

So wie die in den Umgebungen des *Laacher See's* und der *Eifel* aus Spalten des Uebergangsgebirges strömende Kohlensäure andere Auswege suchen würde, ohne Durchbrüche und Aufrichtungen zu veranlassen, wenn diese Gegenden mit neuen Schichten bedeckt würden: so hat höchst wahrscheinlich die Kohlensäure, welche jetzt aus dem bunten Sandsteine in jener Gegend *Westphalens* ausströmt, vor der Aufrichtung desselben andere Auswege gehabt. Sänke das Rheinische Schiefergebirge unter das Meer, und träte eine neue sedimentäre Periode ein: so würden alle Kohlensäure-Exhalationen in den Umgebungen des *Laacher See's* u. s. w. aufhören, weil sie den Druck der Wassersäule nicht überwinden könnten: sie würden sich aber andere Auswege suchen, wo ihnen geringere Hindernisse entgegen treten.

Hoffmann[1]) sagt: „Hier", nämlich bei *Pyrmont*, „ist der Verbindungsweg noch offen, welchen sich die unterirdischen Gasarten bahnten, als sie die Decke des norddeutschen Hügellandes zersprengt und erhoben haben, und was jetzt hier sanft ausströmend in heilbringender Gestalt aus der Erdrinde hervordringt, ist noch dasselbe, was, wenn es abgeschlossen, erhitzt und zusammengeprefst worden, Gebirgsmassen emportreiben und umstürzen konnte." Dieser, oft wiederholte, die Unkundigen ansprechende Satz ist gewifs nicht richtig: Kohlensäure,

---

Kanäle kann aber nicht das Gas durch Zerreifsung der Schichten gebildet haben. (Vergl. indefs S. 336).

[1]) A. a. O. S. 153.

welche aus tiefer liegenden Mineralquellen kommt, kann noch nicht einen Maulwurfshaufen emporheben.

Die Herkunft der Kohlensäure-Exhalationen aus unbekannten, aber jedenfalls grofsen Tiefen läfst schon schliefsen, dafs sie frei von atmosphärischer Luft sein müssen. Finden sich gleichwohl Spuren davon in ihnen, so rühren sie von Gewässern her, welche dieselben in Absorption in den Quellenlauf geführt haben. Nach dem bekannten Gesetze, dafs Wasser, welches ein Gas *A* enthält, davon einen entsprechenden Theil entwickelt, wenn es ein anderes Gas *B* absorbirt, werden die den Kohlensäure-Strömen begegnenden Gewässer, indem sie davon absorbiren, ihre auf der Erdoberfläche aufgenommene atmosphärische Luft fahren lassen. Diese Luft wird sich den, aus den Quellen aufsteigenden Kohlensäure-Exhalationen beimengen. Diese Menge beträgt indefs meist so wenig, dafs man sie selten bestimmen kann. Dies beweist, dafs die Luft, welche die Gewässer in die Tiefe führen, gegen die bedeutenden Mengen Kohlensäuregas, die ihnen begegnen, verschwindet. Um so mehr ist dies der Fall, je mehr die Menge der Kohlensäure, welche sich aus einer Quelle entwickelt, im Verhältnisse zu der des abfliefsenden Wassers beträgt. Die gasreichsten und wasserärmsten Quellen liefern also das von atmosphärischer Luft freieste, die gasärmsten und wasserreichsten das damit am meisten beladene Kohlensäuregas.

Alle Kohlensäure-Exhalationen in den Umgebungen des *Laacher See's*, wovon ich sehr viele untersucht habe, waren von ziemlich gleicher Reinheit. Kalilauge absorbirte das Gas bis auf ein kleines Bläschen. Ebenso rein fand ich das Gas aus den *Meinberger* und *Driburger* Mineralquellen, so wie das aus der sumpfigen Fläche bei *Istrup*. Die Exhalationen im *Laacher See*-Gebiete sind ganz frei von Schwefelwasserstoffgas; denn enthielten sie auch nur eine Spur davon, so müfste sich dies in den Fabriken zu *Burgbrohl*, wo die Kohlensäure zur Präcipitation des Bleiweifses verwendet wird, durch eine bräunliche Färbung des Niederschlages zeigen. Ohne Zweifel hat Schwefelwasserstoffgas stets, wo es Kohlensäuregas begleitet, einen der Erdoberfläche viel näheren Ursprung, wie dieses: es

kommt aus sedimentären Formationen, welche schwefelsaure Salze und organische Ueberreste enthalten.

Nach Brandes[1]) enthalten die Exhalationen aus den *Meinberger* Mineralquellen, sowie aus den *Pyrmonter*, und aus der *Dunsthöhle*, mit Ausnahme der Trink-, Bade- und Soolquelle, kein Schwefelwasserstoffgas.

Nachstehende Untersuchungen zeigen, dafs dem aus Mineralquellen sich entwickelnden Kohlensäuregase um so mehr Stickgas und Sauerstoffgas sich beimengen, je weiter entfernt vom *Laacher See*-Gebiete die Exhalationen vorkommen[2]).

	Gasentwicklung					
	aus dem *Fehlenbor* bei *Burgbrohl.*	aus der Mineralquelle zu *Heppingen.*	aus einer Mineralquelle zu *Ehlingen* im *Ahrthale.*	aus der Mineralquelle zu *Roisdorf.*	aus der *Godesberger* Mineralquelle. Erster Versuch.	aus der *Godesberger* Mineralquelle. Zweiter Versuch.
	Nach Maafstheilen.					
Kohlensäuregas . . .	99,116	98,189	96,303	93,685	81,120	81,506
Stickgas	0,708	1,408	3,372	6,061	18,545	17,717
Sauerstoffgas	0,176	0,403	0,325	0,254	0,335	0,777
	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000
	Die beiden letzteren Gase nach Procenten.					
Stickgas	80,115	77,778	90,88	95,973	98,225	95,800
Sauerstoffgas	19,885	22,222	9,12	4,027	1,775	4,200
	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000

Da in den Exhalationen aus den drei letzten Quellen das Sauerstoffgas viel weniger beträgt, als in der Luft: so mufs ein Theil desselben zu Oxydationsprocessen, wahrscheinlich zur Oxydation des kohlensauren Eisenoxydul verwendet werden.

Die grofse Reinheit des Kohlensäuregases aus dem *Fehlenbor*, aus einer Mineralquelle, welche sich im Mittelpunkte sehr bedeutender Gasexhalationen findet, zeigt, wie die durch die Meteorwasser in die Tiefe geführte atmosphärische Luft gegen die Kohlensäuregas-Exhalationen

[1]) Die Mineralquellen zu *Meinberg* S. 303.

[2]) Dafs das von den Mineralwassern absorbirte Gas nicht dieselbe Zusammensetzung hat, wie das was sich aus ihnen entwickelt, zeigen meine Untersuchungen. I. Aufl. Bd. I. S. 307 u. 308.

fast verschwindet, während zu *Roisdorf, Godesberg* u. s. w., wo die Gasentwicklungen locale Erscheinungen sind, die Menge der Bestandtheile der atmosphärischen Luft bedeutend zunimmt. Auch zu *Neusalzwerk* zeigt sich dasselbe Verhältnifs. Auch hier, wo nur eine einzige Kohlensäure-Exhalation an diesem Punkte stattfindet, mengen sich 6 % atmosphärische Luft dem Kohlensäuregase bei. Es ist eine ungemein wasserreiche Quelle; daher ist die entwickelte Kohlensäure mit viel atmosphärischer Luft beladen.

Es ist um so begreiflicher, warum die Kohlensäure-Exhalationen in Gegenden, wo in weitem Umkreise alle Spalten damit erfüllt sind, nur wenig atmosphärische Luft enthalten können, weil hier die eindringenden Gewässer, ehe sie in den Heerd der Mineralwasser-Bildung kommen, schon den gröfsten Theil ihrer Luft durch Austausch verlieren, während an anderen Orten, wo die Exhalationen locale Erscheinungen sind, die niedergehenden Gewässer, welche solchen Strömungen erst in diesem Heerde begegnen, ihren vollen Gehalt an atmosphärischer Luft bis dahin führen.

Rührt der Umstand, dafs manche Gasexhalationen aus Mineralquellen weniger Sauerstoff und mehr Stickstoff, als die atmosphärische Luft enthalten, von einer Oxydation oxydationsfähiger Substanzen her: so ist zu erwarten, dafs die aus warmen Quellen sich entwickelnden Gasarten noch weniger Sauerstoffgas enthalten werden, als die, welche aus kalten Quellen zu Tage treten; denn je höher die Temperatur des Wassers, desto leichter die Oxydation. Dies ist auch wirklich der Fall, wie nachstehende Analysen zeigen.

L. Gmelin und Lade fanden das aus dem 56° heifsen Kochbrunnen zu *Wiesbaden* ausströmende Gas aus 82,3 % Kohlensäuregas und 17,7 % Stickgas bestehend[1]). Monheim fand in dem aus der *Aachner Kaiserquelle* sich entwickelnden Gase blos Stickgas, Kohlensäuregas und 0,5 % Schwefelwasserstoffgas. Ich fand aber noch 7 % Sauerstoffgas. In dem *Pockenbrünnchen* zu *Burtscheid* fand jener blos Stickgas, Kohlensäuregas und 0,1 % Schwefelwasserstoff-

[1]) Poggendorff's Ann. Bd. VII. S. 467.

gas. Nach meiner Analyse sind aber noch 2 % Sauerstoff vorhanden. Von nahe gleicher Zusammensetzung, wie die des Gases aus dem *Pockenbrünnchen*, fand Monheim auch das aus der *Burtscheider* Trinkquelle. In dem Gase aus dem Kochbrunnen und aus der heifsesten aller *Burtscheider* Thermen fand derselbe neben Stickgas und Kohlensäuregas 0,1 bis 0,15 % Sauerstoffgas [1]). Nach meiner Untersuchung besteht das Gas aus dem Kochbrunnen im Mittel aus drei nahe mit einander übereinstimmenden Versuchen aus:

Kohlensäuregas	47,3
Stickgas	52,1
Sauerstoffgas	0,6
	100,0

Endlich soll, nach Anglada, das aus den Schwefelquellen der *Pyrenäen* sich entwickelnde Gas aus reinem Stickgase bestehen [2]).

Die Kohlensäure, sie mag aus Quellen, oder aus Wassersammlungen, oder aus Spalten ausströmen, zeichnet sich vor der künstlich dargestellten durch einen reinen Geruch und Geschmack aus. Da die permanenten Kohlensäure-Exhalationen von tiefer liegenden Quellen herrühren, so werden sie, wenn sie auch ursprünglich mit fremdartigen Stoffen beladen sein sollten, durch das Wasser davon befreit.

Eine günstige Gelegenheit, die sich mir vor einigen Jahren dargeboten hatte, Beobachtungen und Versuche in drei Bohrlöchern anzustellen, welche unter meiner und meines Sohnes Carl Leitung niedergetrieben und worauf schon oben (S. 676) Bezug genommen worden, habe ich nicht unbenutzt vorübergehen lassen [3]).

---

[1]) Die Heilquellen von *Aachen, Burtscheid* u. s. w. 1829. S. 209. 232 ff. — Poggendorff's Ann. Bd. XXXII. S. 244.

[2]) Mémoires pour servir à l'histoire générale des eaux minérales sulfureuses et des eaux thérmales. 1828. und Ann. de chim. et de phys. T. XX. p. 246.

[3]) In einem Weinberge des benachbarten *Ahrthales* starben die Reben an einigen Stellen fortwährend ab. Es ergab sich, dafs Kohlensäure-Entwicklungen aus der Tiefe die Ursache dieses Absterbens waren. Der Besitzer teufte einen ungefähr 20 Fufs tiefen Schacht ab, um das Gas durch einen Stollen abzuleiten, wobei mehrere Adern

Diese Bohrlöcher standen 33 F. tief im Alluvium des 300 F. davon entfernten *Ahrflusses*, und 47 F. im Thonschiefergebirge. Die Kohlensäure-Entwicklung aus dem Bohrloche war mäfsig, aber anhaltend. Nahe unter dem Alluvium kam man auf eine einige Fufs mächtige Schicht eines schwarzen, sehr zersetzten und breiartig gewordenen Schiefers, während andere quarzreiche Grauwacken-Schichten dem Bohren Schwierigkeiten entgegensetzten. Dies zeigt, wie warme, mit Kohlensäure gesättigte Mineralwasser im hohen Grade zersetzend auf das Gestein wirken.

Der Wasserspiegel stand in den Bohrlöchern höchstens 1 F. über dem der *Ahr*. So lange das Wasser keinen Abflufs aus den Bohrlöchern hatte, zeigte sich nichts Bemerkenswerthes. Als aber um das Bohrloch herum ein Bassin ausgegraben, die Bohrröhren 1 F. unter dem Wasserspiegel abgeschnitten und das abfliefsende Wasser ausgepumpt wurde, traten die Erscheinungen intermittirender Quellen ein.

Der Ausflufs des Thermalwassers war nicht gleichmäfsig, sondern periodisch ab- und zunehmend und dies mit ebenso grofser Regelmäfsigkeit, wie die Ebbe und Fluth des Meeres. Von einem Maximum des Ausflusses bis zum folgenden verfliefsen nämlich 8 Min. 42 Sec. Zur Zeit des Minimum fliefst das Wasser ruhig aus; bald nimmt aber die Kohlensäure-Entwicklung und mit ihr der Ausflufs des Wassers immer mehr zu, bis endlich zur Zeit des Maximum

---

eines Säuerlings erschürft wurden. Dem Wunsche des Besitzers, die Sache in Augenschein zu nehmen, entsprechend, wurde ich durch eine Temperatur von 16° R., welche diese Quellenadern hatten, um so mehr überrascht, als ich unter den vielen Säuerlingen in den Umgebungen des *Laacher See's* und in der *Eifel* nur einen einzigen gefunden hatte, dessen Temperatur (11,8° R.) sich dieser näherte. Eine so hohe Temperatur in so geringer Tiefe berechtigte zur Vermuthung, dafs in gröfseren Tiefen noch wärmere Quellen gefunden werden möchten. Ich veranlafste jenen Besitzer, darauf sein Augenmerk zu richten. Wirklich fand er in dem benachbarten Dorfe *Beul* einen Brunnen, dessen Wasser 20° R. warm war.

Neben diesem Brunnen wurden ein Bohrloch und später noch zwei niedergestofsen; die Temperatur des Wassers nahm fortwährend zu und in einer Tiefe von 80 F. stieg sie bis auf 32° R.

kopfgrofse Gasblasen in grofser Menge das Wasser mehrere Fufs hoch emporschleudern. Das Wasser ist dann in der heftigsten Aufwallung und schäumt wie im stärksten Sieden begriffenes Wasser. Dampfwolken erheben sich und erfüllen, wenn die Luft kalt ist, das ganze Bassin so mit Nebel, dafs man das Bohrloch nicht mehr sieht. Diese Erscheinungen enden damit, dafs nur noch einzelne, weit vom Bohrloche ab hörbare Stöfse erfolgen, wodurch einzelne Wasserstrahlen hoch hinauf schiefsen. Setzt man eine enge Röhre auf das Bohrloch: so wird das Wasser, wie durch eine Feuerspritze, mehr als 10 Fufs hoch hinauf getrieben.

Der Ausflufs des Wassers beträgt nach den später angeführten Messungen zur Zeit der Fluth 10mal so viel wie zur Zeit der Ebbe. Wird er durch eine eingeschobene Röhre nur $^1/_4$ Fufs unter dem normalen Wasserstande gelegt: so hört er zur Zeit der Ebbe gänzlich auf. Die ganze Menge des aus dem Bohrloche I in 24 Stunden ausfliefsenden warmen Wassers beträgt 2065 Cubikfufs.

Der nur wenig höhere Wasserstand in den Bohrlöchern als in der *Ahr*, und das Steigen und Fallen des ersteren mit dem letzteren weisen eine, wenn auch durch das Thonlager im Alluvium beschränkte Communication zwischen dem Flusse, dem Grundwasser und dem Thermalwasser nach. Die Bohrlöcher wurden zwar bis in das Thonschiefergebirge hinab mit Trafsmörtel ausgefüttert: die Communication zwischen den Schichtungsflächen und Haarspalten aufserhalb und innerhalb der Bohrlöcher konnte aber dadurch nicht gänzlich abgeschnitten werden. Eine mehrere Fufs über dem Ahrspiegel aufsteigende Therme war daher nicht zu erwarten; die bedeutende Hebung des Wassers zur Fluthzeit kann demnach nur die Wirkung der während des Aufsteigens der Quelle sich entwickelnden Kohlensäure sein.

Zur Bestimmung der freien Kohlensäure des Thermalwassers in 80 F. Tiefe wurde eine gewöhnliche Flasche mit einem Korkstopfen verschlossen, durch den eine, mit einem Hahn versehene Messingröhre ging, welcher sich beim Aufstofsen eines, die Flasche umschliefsenden Gestells auf den Boden des Bohrloches öffnete. Durch vorläufige

Versuche war die Menge des zur vollständigen Präcipitation der Kohlensäure nöthigen Barytwassers ermittelt worden.

Nachdem die zur Präcipitation erforderliche Menge Barytwasser mit geringem Ueberschusse in die Flasche gegossen worden, wurde diese tarirt, und in die Tiefe hinabgelassen. Der Hahn öffnete sich, durch den hydrostatischen Druck von $^{80}/_{30} = 2^1/_2$ Atmosphäre wurde die atmosphärische Luft in der Flasche comprimirt, und vom Wasser trat so viel ein, als die Verminderung des Luftvolumens betrug. Da beim Oeffnen des während des Heraufziehens der Flasche geschlossenen Hahns mit der schnell austretenden comprimirten Luft Wassertröpfchen fortgeschleudert werden: so wurde der Hahn sehr langsam geöffnet. Die Gewichtszunahme der Flasche ergab die Menge des eingetretenen Wassers, und die alkalische Reaktion der Flüssigkeit zeigte, dafs das Barytwasser im Ueberschusse war.

Der Baryt fällte die freie Kohlensäure, die halbgebundene des Kalk- und Magnesiacarbonat, die halb- und ganzgebundene des Natroncarbonat, die Schwefelsäure der schwefelsauren Alkalien und das neutrale Kalk- und Magnesiacarbonat. Durch die gleichzeitig angestellte Analyse des Thermalwassers wurde die ganzgebundene Kohlensäure der Carbonate bestimmt, und dadurch die Menge der halbgebundenen Kohlensäure gefunden. Diese und die ganzgebundene des Natroncarbonat von der im Niederschlag enthaltenen Kohlensäure subtrahirt, gab die Menge der freien Kohlensäure in dem eingetretenen Thermalwasser. Ebenso wurde die freie Kohlensäure im Wasser von der Oberfläche des Bohrlochs bestimmt. Folgende Resultate wurden erhalten. In 10000 Gewichtstheilen Wasser aus dem Bohrloch I sind enthalten [1]):

---

[1]) Die nachfolgenden Versuche und Messungen sind blos in diesem Bohrloche vorgenommen worden.

	Versuch I.[1]	Versuch II.	Versuch III.	Mittel aus II u. III.
Halbgebundene Kohlensäure	6,82	6,82	6,82	6,82 Th.
Kohlens. ganz gebunden an Natr.	3,67	3,67	3,67	3,67 „
Freie Kohlensäure	28,29	28,822	29,144	28,983 „
	38,78	39,312	39,634	39,473 „

Die Uebereinstimmung zwischen II und III ist so nahe, dafs man auf einen constanten Kohlensäuregehalt in der Tiefe schliefsen kann, und dafs daher die Zeit der Fluth oder der Ebbe keinen Einflufs darauf hat, was auch daraus erklärlich ist, dafs sich die freie Kohlensäure erst in den oberen Teufen nach und nach losreifst.

In 10000 Th. des an der Oberfläche geschöpften Wassers beträgt die freie Kohlensäure im Mittel aus 6 nahe übereinstimmenden Versuchen . . . . 11,653 Gw.Th.
In 80 F. Tiefe nach vorhergehenden Versuchen . . . . 28,983 „
Es entwickeln sich daher während des Aufsteigens . . . . 17,330 Gw.Th.

Das Wasser in der Tiefe enthält daher 28,983 : 11,653 = 2,487mal so viel Kohlensäure als am Ausflusse. Reducirt man die Gewichtstheile auf Volumtheile bei der Temperatur des Thermalwassers, so ergibt sich für 1 Vol. Wasser
in der Tiefe . . . . . 1,6675 Vol. = Th. freie Kohls.
am Ausflusse . . . . . 0,6704 „
Während des Aufsteigens entw. sich also . . . . 0,9971 Vol.

Man kann also sehr nahe setzen, dafs das sich entwickelnde Kohlensäuregas dasselbe Volumen wie das des Wassers hat.

Es entwickelt sich daher nach den später folgenden Messungen des ausfliefsenden Wassers in:

1 Minute	1,434	Cub. Fufs Kohlens.
24 Stunden	2064,96	„ „ „
1 Jahr	753710,4	„ „ „

Unter einer Wassersäule von 80′ Höhe ist der hydro-

[1]) In Versuch I war die Barytlösung nicht in hinreichender Menge vorhanden; daher wurde die Kohlensäure zu niedrig bestimmt.

statische Druck = ...	$2^1/_2$	Atm.
Dazu der Atm. Druck = ...	1	"
Sa.	3,5	Atm.

Wenn nun das oben von Couërbe (S. 679) angegebene Verhältnifs von 7:5 maafsgebend ist, so würde in einer Tiefe von 80' das Wasser 2,5mal so viel freie Kohlensäure als unter dem einfachen Luftdrucke enthalten, und in der That ist $\frac{1,6675}{0,6704} = 2,487$; mithin sehr nahe 2,5.

Da das Volumen der sich entwickelnden Kohlensäure, unter dem einfachen atmosphärischen Druck gemessen, gleich ist dem Volumen des Wassers, aus welchem sie sich entwickelt: so müfste während dieser Entwicklung das Bohrloch halb mit Wasser, halb mit Kohlensäuregas angefüllt sein. Nun steht aber das sich in verschiedenen Tiefen entwickelnde Gas unter dem Drucke der darüber stehenden Wassersäulen, und ist daher mehr oder weniger comprimirt.

Hierüber folgende Betrachtungen. Es sei:

v das Volumen eines Kohlensäuregas-Bläschens, welches sich aus dem Mineralwasser im Bohrloche unter irgend einem hydrostatischen Drucke entwickelt, wenn man sich dieses Volumen unter dem einfachen Luftdrucke = 1 Atmosphäre gemessen denkt;

d dieser hydrostatische Druck in Atmosphären ausgedrückt:

so ist nach dem Mariottischen Gesetze das Volumen des Gasbläschens im Momente seiner Entwicklung $= \frac{v}{1+d}$.

Während dieses Bläschen in der Wassersäule aufsteigt, vergröfsert sich sein Volumen im Verhältnisse des stetig abnehmenden hydrostatischen Drucks, und kommt es über den Wasserspiegel in die Atmosphäre: so ist sein Volumen $\frac{v}{1+0} = v$.

Die Tiefe des Bohrloches sei 80 F.; der hydrostatische Druck im Tiefsten desselben daher $\frac{80}{32}$=2,5 Atmosphären. Dazu der einfache Luftdruck = 1; mithin der ganze Druck im Tiefsten = 3,5 Atmosphären.

Theilt man die ganze Wassersäule von 80′ in 10 gleiche Wassersäulen = 8′ Höhe: so entspricht jeder Wassersäule der Druck einer Viertel Atmosphäre.

Angenommen, dafs das Wasser aus 80′ Tiefe bis zu 72′ aufsteigt, und dann erst die ganze Menge des dem um $^1/_4$ Atmosphäre verminderten Drucke entsprechenden Gases entwickelt: so ist dessen Volumen im Momente der Entwicklung $= \frac{v}{1 + d - \frac{1}{4}} = \frac{v}{1 + 2{,}5 - \frac{1}{4}} = \frac{v}{3{,}25}$.

Nimmt man nun für die folgenden Stationen 64′, 56′ ..... Tiefe dasselbe an: so erhält man folgende Reihen:

Tiefen.	Hydrost. Druck in Atmosphäre ausgedrückt.	Volumina der Gasbläschen im Momente der Entwicklung.
80′	3,5 .	
72′	3,25	0,308 V.
64′	3	0,333 „
56′	2,75	0,364 „
48′	2,5	0,4 „
40′	2,25	0,444 „
32′	2	0,5 „
24′	1,75	0,571 „
16′	1,5	0,667 „
8′	1,25	0,8 „
0′	1	
		4,387 V.

Da nun nach den angestellten Versuchen das Volumen des Gases in 80′ Tiefe, welches sich während des Aufsteigens des Wassers bis zum Ausflusse entwickelt, gleich dem Volumen dieses Wassers ist, wenn das Gasvolumen unter dem einfachen Atmosphärendruck gemessen wird: so entsprechen die Gas-Volumina in vorstehender Reihe den Wasser-Voluminibus für jede Wassersäule von 8′ Höhe (das Volumen jeder dieser Wassersäulen gleich v gesetzt).

Da das Bohrloch einen Cylinder von durchaus gleichem Durchmesser bildet: so verhalten sich die Gas-Volumina in den 9 Stationen, wie die Höhe der Gassäulen. Die Summe dieser Gassäulen = 4,387 mit 8′ multiplicirt = 35,096 gibt daher die ganze Höhe dieser Gassäulen in Fufsen, wenn man sich für einen Augenblick sowohl die Gassäulen als die mit ihnen wechselnden Wassersäulen

als ruhend denkt. In Beziehung auf die Wassersäulen tritt ein solcher Zustand der Ruhe wirklich ein, wenn man das Aufsteigen des Wassers dadurch unterbricht, dafs man in die Mündung des Bohrloches eine Röhre einsetzt, welche höher als 1 Fufs ist. Das Wasser steigt dann 1 Fufs über die Ausflufsöffnung, und in diesem Falle ist die Höhe der aufsteigenden Wassersäule gleich der der drückenden Wassersäulen; die Wassersäule im Bohrloche kommt mithin zur Ruhe. Die in diesem Momente in den verschiedenen Stationen entwickelten Gasblasen fahren aber fort aufzusteigen, bis sie sämmtlich entwichen sind. Es ist klar, dafs diese Gasentwicklung gänzlich aufhören würde, wenn die Wassersäule im Bohrloche völlig stagnirend wäre. Dies kann aber nicht sein; denn da das Wasser wärmer als die atmosphärische Luft ist: so erkältet es nach und nach an der Oberfläche, und die dadurch specifisch schwerer gewordenen Wassertheilchen sinken im Bohrloche hinab, während die wärmeren aus der Tiefe aufsteigen. Durch dieses Aufsteigen kommen fortwährend die in der Tiefe mit Kohlensäuregas gesättigten Wassertheilchen in höhere Stationen, in denen sie, je nach dem abnehmenden hydrostatischen Drucke, ihre absorbirte Kohlensäure fahren lassen. Die Entwicklung dieses Gases fährt daher auch während der Stagnation der Wassersäule im Bohrloche fort, aber in einem bei weitem geringeren Grade, als zur Zeit des Aufsteigens und Ausfliefsens des Wassers.

Das oben gefundene Verhältnifs der Gassäulen zu den Wassersäulen = 35′,096 : 44′,904, welches für den Fall gilt, dafs beide Säulen nicht in aufsteigender Bewegung sondern ruhend seien, gibt die Höhe der Gassäulen offenbar zu hoch an; denn die Entwicklung des Gases in Folge des aufsteigenden Wassers erfolgt in einer unendlichen Reihe und nicht stationsweise. Die Summirung der Reihe, deren erstes Glied $= \frac{v}{1+d}$ und deren letztes $= \frac{v}{1+d-n\delta}$ ist, gibt daher den wahren Werth für die Höhe dieser Gassäulen. Da sich indefs die in jeder Tiefe entwickelnden Gasbläschen mit dem Aufsteigen vergröfsern: so ist die Summe der Voluminum aller während des Aufsteigens des Wassers und der Kohlensäure in dem Bohrloche vor-

handenen Gasbläschen zu suchen. Da nach den angestellten Versuchen das unter dem einfachen Atmosphärendrucke gemessene Volumen des aus dem Bohrloche entweichenden Kohlensäuregases gleich ist dem Volumen des gleichzeitig ausfliefsenden Wassers: so mufs jenes Volumen kleiner als dieses sein.

Wenn die im Bohrloche stagnirende Wassersäule durch das Herausziehen der Aufsatzröhre zum Aufsteigen kommt, weil dann die drückende Wassersäule um 1 Fufs relativ höher wird: so mufs die Gasentwicklung in Folge der mit dem Aufsteigen des Wassers verknüpften Abnahme des hydrostatischen Druckes allmälig zunehmen. Die Wassersäule wird dann zu einem Gemenge aus Wassertheilchen und Gasbläschen, in welchem diese fortwährend zunehmen. Da dieses Gemeng specifisch leichter als Wasser ohne Gasbläschen ist: so vermindert sich der Druck der aufsteigenden Wassersäule im Verhältnisse zu der drückenden Wassersäule: die aufsteigende Bewegung wird daher beschleunigt, und der Wasserausflufs nimmt zu. Durch diese Beschleunigung nimmt die Kohlensäure-Entwicklung gleichfalls zu, indem das schneller aufsteigende Wasser um so schneller in den höheren Stationen mehr oder weniger von seinem Gase verliert. Der zunehmende Ausflufs des Wassers wird aber noch dadurch befördert, dafs das sich entwickelnde Kohlensäuregas, gleich dem aus brausenden Getränken entweichenden, das Wasser in die Höhe hebt. Diese Wirkung steigert sich in den oberen Teufen des Bohrlochs, wo sich das Volumen der Gasblasen immer mehr erweitert und immerfort neue, aus dem Wasser sich entwickelnde Gasblasen hinzukommen. Stellenweise erfüllt dann das Gas die ganze Weite des Bohrloches, und diese Gassäulen, welche den darüber stehenden Wassersäulen nicht mehr ausweichen können, heben diese ungetheilt in die Höhe.

Alle hier aus der Theorie gefolgerten Erscheinungen finden in der Wirklichkeit statt; jene ist daher gewifs richtig.

Wir haben gesehen, dafs der Ausflufs aus dem Bohrloche zur Zeit der Fluth 10mal so viel als zur Zeit der Ebbe beträgt. Während der Fluth werden daher die Wasser zuführenden Kanäle, wenn auch nur für eine kurze Zeit, er-

schöpft, und als eine Folge davon sinkt der Wasserspiegel im Bohrloche: es ist die Zeit der eintretenden Ebbe. Bald darauf nehmen aber die Zuflüsse wieder zu: der Wasserspiegel steigt und hat er seine normale Höhe erreicht: so fliefst das Wasser wieder aus, und in Folge der dadurch wieder herbeigeführten aufsteigenden Bewegung erneuern sich die Erscheinungen der Fluth.

Der Ausflufs aus dem Bohrloche hört, wie wir oben bemerkt haben, zur Zeit der Ebbe gänzlich auf, wenn er nur $\frac{1}{4}$ F. tiefer als der Stand der drückenden Wassersäulen gelegt wird. Sinkt daher der Wasserspiegel zur Zeit der Ebbe nur etwas mehr als 3 Zoll unter seinen normalen Stand: so hört der Ausflufs gänzlich auf und beginnt erst dann wieder, wenn der Wasserspiegel wieder diesen normalen Stand erreicht hat. Weil aber nur eine Wassersäule von 3 Zoll drückt: so geht das Aufsteigen langsamer als bei höheren Drucksäulen von Statten; daher tritt ein merklicher Stillstand im Ausflusse ein.

Hieraus ergibt sich von selbst, dafs unter höheren Drucksäulen, wo der unter den normalen Stand gesunkene Wasserspiegel schneller steigt, der Stillstand im Ausflusse immer kleiner wird, und bei einer gewissen Druckhöhe ein gänzliches Aufhören des Ausflusses gar nicht mehr eintritt. Nach den defshalb angestellten Beobachtungen fährt das Wasser schon auszufliefsen fort, wenn der Ausflufs nur 6 Zoll unter den Wasserstand der drückenden Wassersäulen gelegt wird.

Weil das Aufsteigen des Wassers um so mehr beschleunigt wird, je mehr die Höhe der Drucksäulen zunimmt: so ist von selbst klar, dafs die Zeiten, welche zwischen je zwei Fluthen verfliefsen, im umgekehrten Verhältnisse abnehmen werden. Die defshalb angestellten Beobachtungen bei 3″, 6″, 9″ und 12″ Druckhöhe haben wirklich eine solche Abnahme dargethan.

So lange als sich der Wasserstand der *Ahr* nicht verändert, bleibt die Druckhöhe constant. Erniedrigt man den Ausflufs des Wassers aus dem Bohrloch: so wächst relativ die Druckhöhe. Um nun zu finden, in welchen Verhältnissen die Ausflufsmengen zunehmen, wurden nachstehende Versuche angestellt.

Ausflufs unter dem normalen [1] Wasserstande.	Zeiten, in denen gleiche Quantitäten Wassers ausflossen.			Mittlere Zeiten.	In 1 Minute.
3"	16 Min.	12 M.	14 M.	14 M.	0,779 Cub. F.
6"	11.75 „	11 „		11,37 „	0,959 „ „
9"	9.5 „	9 „		9,25 „	1.178 „ „
12"	8.5 „	7 „	7.3 „	7,6 „	1.434 „ „

Berechnet man die Quotienten aus den Quadratwurzeln der Druckhöhen in die Wassermengen, so erhält man 0.779: 0,677: 0,680: 0,717: mithin keine constanten Quotienten, wie sie nach dem bekannten Gesetze sein müfsten. Diese Schwankungen rühren davon her, dafs in den vier Versuchen ungleiche Maxima und Minima eingetreten sind. Sie würden sich ohne Zweifel ausgleichen, wenn man eine gröfsere Menge Wasser in jedem Versuche hätte ausfliefsen lassen können. Das Gesetz, dafs sich die Ausflufsmengen wie die Quadratwurzeln aus den Druckhöhen verhalten, hat sich daher im Allgemeinen bestätigt.

Wie sehr verschieden die Ausflufsmengen zwischen dem Maximum und Minimum des Ausflusses sind, zeigen die bei 3" und 6" angestellten Versuche. Das Mefsgefäfs von 0,861 Cubikfufs füllte sich nämlich nach einander in folgenden Zeiten:

Bei 3" Druckhöhe in 68, 20, 26, 65, 197, 180, 90, 36, 43 Sec. Das Minimum des Ausflusses verhält sich daher zum Maximum wie 20 : 197 = 1 : 9,85.

Bei 6" Druckhöhe in 80, 25, 17, 39, 125, 172, 70, 34, 25 Sec. Das Minimum des Ausflusses verhält sich daher zum Maximum wie 17 : 172 = 1 : 10,1. Durchschnittlich vermehrt sich also die Menge des Ausflusses während der Fluctuationen um das 10fache. Unter solchen Umständen kann daher eine vollkommene Uebereinstimmung der Resultate der Versuche mit dem Gesetze nicht erwartet werden.

Bei 3" Druckhöhe nach $2^1/_2$ Min. Ausfliefsen Maximum,

[1]) Es versteht sich von selbst, dafs sich dieser normale Wasserstand nur auf die Zeit der angestellten Beobachtungen bezieht; denn je nach den Oscillationen des Wasserstandes der *Ahr* verändert er sich.

nach 5 Min. gänzliches Aufhören, nach 12 Min. zweites Maximum.

Bei 6″ Druckhöhe nach 2 Min. Ausfliefsen Maximum, nach 5 Min. Minimum, und nach 13 Min. zweites Maximum. Nach einer zweiten Beobachtung nach $1^3/_4$ Min. Maximum, nach 5 Min. Minimum.

Bei 9″ nach 1 Min. Maximum, nach 4 Min. Minimum, nach 10 Min. zweites Maximum. Nach einer zweiten Beobachtung nach $1^1/_2$ Min. Maximum.

Bei 12″ nach $^5/_6$ Min. Maximum, nach einer zweiten Beobachtung $^5/_6$ Maximum.

Bei 6″ Druckhöhe nach 1 Min. Max.		
		10 Min. Differenz.[1]
„ 11 Min.	2tes Max.	
		7 „ „
„ 18 „	3tes „	
		9 „ „
„ 27 „	4tes „	
		8 „ „
„ 35 „	5tes „	
		9 „ „
„ 44 „	6tes „	
		$9^1/_2$ „ „
„ $53^1/_2$ „	7tes „	
		8 „ „
„ $61^1/_2$ „	8tes „	
		9 „ „
„ $70^1/_2$ „	9tes „	

Die mittlere Zeit zwischen je einem und dem anderen Maximum des Ausflusses ist demnach 8 Min. 42 Sec. Wahrscheinlich ist diese Zeit eine constante; die Differenzen in den Beobachtungen rühren davon her, dafs dieses Maximum nicht mit Bestimmtheit erkannt werden kann.

Berechnung der Menge des unter einer Druckhöhe von 12″ und unter höheren Druckhöhen ausfliefsenden Wassers.

In 7,6 Min. 10,9 C. F.; mithin in 24 St. = 2065 C. F.

---

[1]) Nach Ludwig (Soolsprudel von *Nauheim* u. s. w.) zeigt sich bei einem der dortigen Bohrlöcher ebenfalls eine solche Intermittenz von 10 zu 10 Minuten. Auch der Soolsprudel zu *Kissingen* intermittirt in wechselnden Zeiten.

Aus dem Gesetze, dafs sich die Ausflufsmengen wie die Quadratwurzeln aus den Druckhöhen verhalten, ergibt sich Folgendes:

Druckhöhen.	Ausflufsmengen in der Minute,	in 24 Stunden.
1'	1,434 Cub. F.	2065 Cub. F.
4'	2,868 „ „	4130 „ „
9'	4,302 „ „	6195 „ „
16'	5,736 „ „	8260 „ „

Wird daher durch Pumpen der Wasserstand im Bohrloche um diese Höhen erniedrigt: so kann die Wasserergiebigkeit um das 4- und noch mehrfache gesteigert werden[1]).

Die Wassermenge im Bohrloche beträgt, wenn der Ausflufs des Wassers 3" unter den normalen Wasserstand gelegt ist, 8,88 C. F.

Da nun (S. 708) bei 3" Druck 0,779 C. F. in 1 Min. ausfliefsen, so fliefsen 8,88 C. F. in 11,4 Min. aus.

---

[1]) Für die Benutzung einer gegebenen Therme zur Anlage einer Bade-Anstalt wünscht man zu ermitteln, über welche Wasserquantität man disponiren kann. Je tiefer man den Wasserabflufs legt, desto höher steigt diese Quantität; man kommt aber auf ein Maximum, welches man nicht überschreiten darf, wenn nicht das abfliefsende Wasser von seiner Wärme und von seinem Gehalt an mineralischen Bestandtheilen verlieren soll. Dieses Maximum liegt da, wo die Menge des abfliefsenden Wassers gleich wird der des Thermalwassers, welches durch die vielfach verzweigten und in das Bohrloch mündenden Kanäle aufsteigt. Zwingt man die Quelle durch weiteres Tieferlegen des Abflusses noch mehr Wasser zu liefern: so folgen die drückenden Säulen des Grund- und Ahrwassers nach, und die Wärme, sowie der mineralogische Gehalt des Thermalwassers nimmt ab.

Jenes Maximum kann nur dadurch gefunden werden, dafs man mit dem Tieferlegen des Abflusses so lange fortfährt, bis die Temperatur und der mineralische Gehalt anfängt sich zu vermindern.

Da die in Rede stehenden Thermen zur Anlage einer Badeanstalt verwendet wurden, welche unter dem Namen *Neuenahr* ins Leben getreten ist: so habe ich jenes Maximum durch anhaltendes Auspumpen des Thermalwassers approximativ bestimmt. Der Wasserspiegel sank um 5' 8" und die Menge der fixen Bestandtheile in 10,000 Th. Wasser betrug 15,06. Als dagegen das Wasser unter einem Druck von 6" frei ausflofs, betrug sie 15,55; mithin 0,49 mehr. Da diese Differenz nur unbedeutend ist: so könnte man den Abflufs 5',7 unter den normalen Stand legen. Das Bohrloch würde dann in 24 Stunden 4915 Cub. F. Thermalwasser liefern.

Von einem Maximum des Ausflusses bis zum anderen = 12 Min., welches mit 11,4 bis auf 0,6 Min. übereinstimmt.

Die Zeit, welche von einem Maximum bis zum andern verfliefst, kommt daher mit der Zeit, innerhalb welcher das Wasser im Bohrloche sich ganz erneuert, überein.

Die Wassermenge im Bohrloche beträgt, wenn der Ausflufs des Wassers 6″ unter den Wasserspiegel gelegt ist, 8,85 C. F.

Da bei 6″ Druck (S. 708) 0,959 C. F. in 1 Min. ausfliefsen: so fliefsen 8,85 C. F. in 9,2 Min. aus.

Von einem Maximum des Ausflusses bis zum anderen im Mittel von 8 Messungen = 8,7 Min., welches mit 9,2 bis auf 0,5 Min. übereinstimmt.

Es ergibt sich daher dasselbe Verhältnifs wie oben.

Da die Zeiten, innerhalb welcher sich das Wasser im Bohrloche ganz erneuert, sich umgekehrt verhalten wie die Quadratwurzeln aus den Druckhöhen und innerhalb dieser Zeiten, nach den Beobachtungen bei 3″ und 6″ Druckhöhe, ein Maximum und ein Minimum eintritt: so müssen sich auch die Zeiten, innerhalb welcher eine Fluth und eine Ebbe eintritt, ebenso verhalten. Diese Zeiten werden daher um so kürzer, je mehr die Druckhöhen zunehmen.

Selbst wenn aber das Gesetz allgemein gültig ist: so mufs es doch eine Correction erleiden, weil mit zunehmendem Tieferlegen des Ausflusses die Menge des Wassers im Bohrloche abnimmt, und auch defshalb die Zeit der ganzen Erneuerung im Wasser des Bohrloches abnimmt.

Ist nämlich a der Inhalt des Querschnittes des Bohrloches, h die Höhe des Wasserstandes in demselben, t die Zeit, innerhalb welcher die völlige Erneuerung des Wassers im Bohrloche stattfindet: so ist, wenn der Ausflufs um $\frac{1}{n}$ tiefer liegt, und x die Zeit der völligen Erneuerung der nunmehr verminderten Wassermenge im Bohrloche ist, abgesehen von der durch die vermehrte Druckhöhe gesteigerten Geschwindigkeit des Ausflusses

$$x = \frac{a\left(h - \frac{1}{n}\right)}{ah} t.$$

Diese Zeit ist daher von der nach dem Gesetze gefundenen Zeit der völligen Erneuerung des Wassers im Bohrloche in Abzug zu bringen, um die wahre Zeit dieser Erneuerung zu erhalten.

Wird die Ausflufsröhre so weit aus dem Bohrloche herausgezogen, dafs kein Wasser mehr ausfliefsen kann: so hört die aufsteigende Bewegung des Wassers auf. Die nun stagnirende Wassersäule verliert wohl wenig oder nichts von ihrem Kohlensäure-Gehalt, denn was das mit der Luft in Berührung stehende Wasser an dieselbe abgibt, erhält es wieder durch die aus den Gestein-Spalten in der Tiefe fortwährend aufsteigenden Kohlensäuregasblasen. Jede Wasserschicht im ganzen Bohrloche enthält daher diejenige Menge freie Kohlensäure, welche dem Drucke der über ihr stehenden Wassersäule und der Temperatur der Wasserschicht entspricht. Da die Oberfläche der Wassersäule von ihrer Temperatur verliert: so sinken die erkälteten Wassertheilchen nieder und die wärmeren steigen auf. Das mehr oder weniger erkältete Wasser erlangt eine gröfsere Absorptions-Capacität für Kohlensäure, welche sie aus den aufsteigenden Gasblasen zu befriedigen Gelegenheit hat.

Wird nun die Ausflufsröhre niedergedrückt, bis das Wasser ausfliefst: so beginnt wieder die aufsteigende Bewegung und in Folge des beim Aufsteigen abnehmenden Wasserdrucks entwickelt sich aus dem aufsteigenden Wasser fortwährend Kohlensäuregas, welches sich im Bohrloche nach und nach so sehr anhäuft, dafs ein Wechsel zwischen Wasser- und Gassäulen entsteht. Die Gassäulen, welche mit gröfserer Geschwindigkeit als die Wassersäulen aufsteigen, heben letztere mit dieser Geschwindigkeit in die Höhe, so dafs sie manchmal als Fontainen emporgeschleudert werden: der Wasserausflufs nimmt daher so bedeutend zu, dafs er, wie oben gefunden worden, bis zum 10fachen steigt. Nachdem er eine Zeit lang mit nahe gleicher Ergiebigkeit angehalten hat, erfolgen kurze Unterbrechungen, indem das Wasser nur noch in einigen Stöfsen ausfliefst. Sind diese Stöfse[1]) vorüber: so wird

---

[1]) Vergl. Kap. XIV.

der Ausfluſs wieder stetig, er nimmt aber immer mehr ab und der Wasserspiegel fällt im Bohrloche. Das starke Schäumen des Wassers zeigt indeſs, daſs das Wasser immer noch durch das sich entwickelnde Kohlensäuregas etwas gehoben wird.

Erfolgt der Ausfluſs nur unter einer Druckhöhe von 3'': so nimmt er so sehr ab, daſs das Wasser nur noch tropfenweise ausläuft. Unter gröſseren Druckhöhen (6'', 9'', 12'') flieſst es aber selbst beim Minimum des Ausflusses immer noch in einem zusammenhängenden Strahle aus. Nachdem das Minimum eingetreten ist, nimmt der Ausfluſs allmälig wieder zu und es zeigen sich dann wieder die angeführten Erscheinungen.

Wenn der Ausfluſs des Wassers blos von der Druckhöhe abhängig wäre: so würde er constant sein. Da er aber zur Zeit des Maximum über den mittleren Ausfluſs steigt: so muſs der Ueberschuſs durch das entweichende Kohlensäuregas gehoben werden.

Es sei m der mittlere Ausfluſs des Wassers in 1 Minute,
x der Ausfluſs im Minimum in 1 Minute,
y der Ausfluſs im Maximum in 1 Minute
und $nx = y$.

Da nun $x + y = (n+1)\,x = 2m$: so ist

$$x = \frac{2m}{n+1} \text{ und } y = n\,\frac{2m}{n+1}.$$

Bei einer Druckhöhe von 3'' ist $m = 0{,}779$ Cubikfuſs in der Minute, und $n = 9{,}85$; mithin $x = 0{,}1436$, $y = 1{,}4145$.

Maximum des Ausflusses = 1,4145 Cubikfuſs,
Mittlerer Ausfluſs . . = 0,779 „
0,6355 Cubikfuſs

werden daher durch das Kohlensäuregas gehoben[1]) und 0,779 Cubikfuſs durch die drückende Wassersäule von 3'' Höhe. Der Druck des Kohlensäuregases ist daher gleich einem Wasserdrucke von $\frac{3''.\,0{,}6355}{0{,}779} = 2'',45$.

---

[1]) Auch Ludwig (a. a. O. S. 48) ist zur Ueberzeugung gekommen, daſs die *Nauheimer* Sprudel einzig und allein durch die Entbindung der Kohlensäure gehoben werden, welche in der Tiefe von ihrer Soole absorbirt gehalten wird.

Bei einer Druckhöhe von 6″ ist $m = 0{,}959$ Cubikfuſs in der Minute, und $n = 10{,}1$; mithin $x = 0{,}1728$, $y = 1{,}7453$.

Maximum des Ausflusses = 1,7453 Cubikfuſs,
Mittlerer Ausfluſs . . = 0,959 „
0,7863 Cubikfuſs

werden daher durch das Kohlensäuregas gehoben, und 0,959 Cubikfuſs durch die drückende Wassersäule von 6″ Höhe. Der Druck des Kohlensäuregases ist daher gleich einem Wasserdrucke von 4″,9; mithin genau 2mal so viel, als bei einer Druckhöhe von 3″ Wassersäule.

Die Maxima und Minima des Ausflusses bei 9″ und 12″ Drucksäule sind nicht gemessen worden.

Schon beim Ausbohren des Traſsmörtels, womit das Bohrloch bis zum Thonschiefergebirge ausgefüttert wurde, zeigte sich eine auffallende Erscheinung. Das Wasser, welches während des Bohrens 2½ Fuſs unter dem obern Ende der Blechröhre stand, stieg beim Herausziehen des Bohrgestänges plötzlich einige Zoll über diesen Stand, bildete wie *Carlsbads* Sprudel eine ausgedehnte Wassergarbe und floſs unter starker Kohlensäure-Entwicklung ab. Dieses Ueberschäumen hielt eine Zeit lang an; nach und nach sank aber das Wasser und nahm seinen früheren Stand wieder ein.

Die Erklärung dieser Erscheinung ist einfach. Der Durchmesser des Bohrlochs ist 4″ 7‴, der der hölzernen Stange 3″ 6‴; der Querschnitt des Bohrlochs ist daher 2,4mal so groſs als der des Ringes zwischen dem Bohrloche und dem Gestänge. Stack das letztere im Bohrloche: so war der Stand des mit Wasser erfüllten Ringes 2½′ unter dem Stande der Blechröhren. Die warmen Wasser in der Tiefe befanden sich daher unter dem Drucke einer Wassersäule von 77′ gleich 2,4 Atmosphären. Denkt man sich nun, daſs in einem Momente die Stangen herausgezogen würden: so würde der Wasserspiegel plötzlich um 45′ sinken, mithin die Wassersäule nur noch 32′ hoch stehen. Eben so schnell würde sie aber durch die drückenden Wassersäulen emporgehoben werden; aus der nur noch 32′ hohen Wassersäule würde unter der Annahme, daſs das Wasser unter dem einfachen Atmosphärendrucke ein seinem eigenen gleiches Volumen Kohlensäuregas absorbirt,

1,4 Volumen Gas entweichen, und dieses Gas gleichfalls als Hebungsmittel wirken.

Da nun aber die Stangen nicht in einem Momente herausgezogen werden können: so dringen während ihres Herausziehens die Wasser aus der Tiefe nach; das Wasser kann daher im Bohrloche nicht 45', sondern es wird weniger sinken und um so weniger, je langsamer die Stangen herausgezogen werden, und daher kann sich keine so bedeutende Menge Kohlensäuregas entwickeln, als sich aus vorstehender Rechnung ergeben hat. Immerhin ist aber das sich entwickelnde Gas so bedeutend, dafs es im Stande ist, die gesunkene Wassersäule ungefähr 3' über den normalen Wasserstand zu heben und es zum schäumenden Ueberfliefsen zu bringen.

Nachdem diese Verhältnisse ermittelt worden waren, war es leicht, dieselben Erscheinungen, obwohl in geringerem Grade, durch eine kräftige Wasserpumpe hervorzurufen. Wurde nämlich die Saugröhre der Pumpe mehr als 5 Fufs tief unter den Wasserspiegel im Bohrloche hinabgelassen und schnell hinter einander mehrmals gepumpt: so sank der Wasserspiegel um 5 Fufs, und diese Verminderung des Wasserdrucks um $\frac{5}{33}$ Atmosphäre reichte hin, das Wasser, wenn das Pumpen unterbrochen wurde, zum schäumenden Ueberfliefsen zu bringen. Nachdem aber das Pumpen längere Zeit fortgesetzt worden, konnte sich diese Erscheinung nicht mehr zeigen; denn das sich in der Tiefe entwickelnde Gas wurde dann fortwährend von der Pumpe aufgezogen. Daher flofs auch das gepumpte Wasser nicht in einem ununterbrochenen Strahle, sondern abwechselnd mit dem aufgezogenen Gas aus.

Wenn sich demnach beim Niedertreiben eines Bohrlochs die in Rede stehenden Erscheinungen zeigen: so kann man schon daraus auf eine intermittirende Quelle schliefsen.

In dem Bohrloche Nro. III zeigten sich die Intermittenzen in einem noch höhern Grade. Uebrigens ergaben die Bestimmungen der freien Kohlensäure am Ausflusse sowie in der Tiefe ganz nahe dieselben Resultate wie im Bohrloche Nro. I.

In *Neusalzwerk* beträgt das Volumen des ausfliefsen-

den Wassers nach S. 689 20mal so viel als das des ausströmenden Kohlensäuregases; dagegen sind in den Bohrlöchern des Bades *Neuenahr* nach S. 702 die Volumina beider einander gleich. Im Verhältnisse zum ausfließsenden Wasser beträgt daher hier das Volumen 20mal so viel als dort.

Nach S. 689 fängt dort erst in der geringen Tiefe von 2,08′ unter dem Ausflusse des Bohrlochs das Kohlensäuregas an sich zu entwickeln, während hier diese Entwickelung in der ganzen Tiefe des Bohrlochs und ohne Zweifel schon tief hinab in den Wasserzuführungskanälen stattfindet. Daher entwickelt sich zu *Neusalzwerk* das Gas in den kleinsten Bläschen und bildet einen Schaum, der nur sehr wenig oscillirt; und defshalb können sich auch dort die merkwürdigen Erscheinungen der Intermittenz nicht zeigen.

Schon vor 38 Jahren habe ich die möglichen Processe, wodurch Kohlensäure-Exhalationen entstehen mögen, beleuchtet und gezeigt[1]), dafs wenn auch atmosphärische Luft zum Heerde ihrer Entwicklung dringen könnte: so müfste das Kohlensäuregas stets von Stickgas begleitet sein. Selbst wenn aller Sauerstoff in Kohlensäure umgewandelt würde: so müfsten doch stets in den Exhalationen 79 % Stickgas enthalten sein. Niemals hat man aber eine Kohlensäure-Exhalation mit solchem Stickstoffgehalte angetroffen.

In den sedimentären Formationen, in denen eine untergegangene, organische Schöpfung begraben liegt, finden wir das Material zur Production von Kohlensäure durch Fäulnifsprocesse. Fänden solche Processe statt: so wäre zu vermuthen, dafs da, wo die gröfsten Massen organischer Ueberreste, wie in der Steinkohlen-Formation, aufgespeichert sind, auch die reichsten Kohlensäure-Exhalationen zu finden sein würden. Nur denjenigen Exhalationen, welche aus sedimentären Formationen kommen, die jünger als die Steinkohlen-Formation sind, könnte man möglicherweise einen Ursprung aus Steinkohlen zuschreiben; selbstredend, aber nicht denen aus dem Uebergangsgebirge im *Laacher See*-Gebiete, in der *Eifel*, im *Taunus* u. s. w.

---

[1]) Vulkanische Mineralquellen S. 255 ff.

Daſs nicht die in den sedimentären Formationen begrabenen vegetabilischen Ueberreste die Kohlensäure-Exhalationen veranlassen, zeigt der Mangel an Säuerlingen da, wo die Steinkohlen-Formation zu Tage ausgeht. Während im Uebergangsgebirge der *Eifel* die Säuerlinge so zahlreich sind, finden wir im Steinkohlen-Gebiete bei *Saarbrücken* und *Aachen* nicht einen einzigen.

Dagegen finden wir in der Steinkohlen-Formation andere Gasexhalationen, deren Ursprung aus den Steinkohlen, oder aus den mit organischen Ueberresten erfüllten Schichten, welche mit den Kohlenflötzen wechseln, unverkennbar ist: es sind die Exhalationen des brennbaren Grubengases. Zwar ist stets dem Kohlenwasserstoffgase etwas Kohlensäuregas beigemengt; letzteres ist aber so gering, daſs es gegen jenes verschwindet. Wir werden jedoch in Kap. XV sehen, daſs unter gewissen Umständen aus ornischen Substanzen während ihrer Zersetzung auch reines Kohlensäuregas entwickelt werden kann.

In keinem Falle können die Kohlensäure-Exhalationen aus den organischen Ueberresten in der Braunkohlen-Formation abstammen, wie Liebig anzunehmen geneigt ist [1]).

Ueberall in der Erde, wo man bis jetzt Beobachtungen angestellt hat, zeigt sich eine Zunahme der Temperatur mit der Tiefe. Schreitet diese Zunahme in den unzugänglichen Tiefen immer fort: so wird sich in einer gewissen Tiefe die Temperatur bis zur Glühhitze steigern. Sind in dieser Tiefe Lager von kohlensaurem Kalk vorhanden: so wird sich aus denselben eben so Kohlensäuregas wie aus unsern Kalköfen entwickeln.

Nach S. 13 hat das Uebergangsgebirge am *Rhein* mindestens eine Mächtigkeit von 30000 Fuſs. Nimmt die Temperatur in ihm fortwährend in demselben Verhältnisse zu, wie in zugänglichen Tiefen: so herrscht auf der unteren Grenze dieses Gebirges eine Temperatur von 206° R. In dieser Temperatur wird noch nicht Kohlensäure aus dem Kalkstein entbunden. Wenn daher dieses Gestein

---

[1]) Die organische Chemie u. s. w. 1841. S. 300. Ich beziehe mich deſshalb auf die in der I. Aufl. Bd. I. S. 313 f. vorgebrachten Gegengründe.

unter dem Uebergangsgebirge vorhanden sein sollte: so müfste es weit unter demselben liegen.

Da Kohlensäure-Exhalationen sich häufig nach vulkanischen Eruptionen einstellen, da sie nach heftigen Ausbrüchen des *Vesuv* als Mofetten lange Zeit fortströmen [1]), da wir diese Exhalationen in Gegenden, wo unzweifelhaft vormalige vulkanische Thätigkeit herrschte, wie in der *Auvergne*, in *Vivarais*, in der *Eifel*, am *Laacher See* u. s. w. gleichfalls wahrnehmen: so scheinen sie der letzte Act der vulkanischen Thätigkeit zu sein [2]). Wo, wie an diesen Orten, ehemals feuerflüssige Massen (Lava) bis zur Oberfläche gekommen sind, könnte schon in viel geringerer Tiefe Glühhitze herrschen, wodurch aus kohlensaurem Kalk die Kohlensäure ausgtrieben werden würde.

Wenn aber durch diese Bohrlöcher, wie zu *Neusalz-*

[1]) Monticelli und Covelli, der *Vesuv*. Deutsche Uebersetzung 1824. S. 191—196. Die Kohlensäure-Exhalationen nach den Ausbrüchen des *Vesuv* sind sehr bedeutend. Am 15. Juni 1794 hatten sie in den Jagdrevieren um den Vulcan über 1300 Hasen und viele Fasanen und Rebhühner getödtet. Selbst auf die Fische im Meere äufsern sie ihre tödtlichen Wirkungen. Hamilton berichtet, wie einige Fischer von *Resina*, unweit einiger Felsen von alter Lava, die sich in die See ergossen hatten, und unter denen die Kohlensäure-Exhalationen hervordrangen, eine ganze Schaar von Fischen bemerkten, die in grofser Unruhe auf der Oberfläche des Wassers hin- und herschwammen.

Ebelmen (Compt. rend. T. XX. No. 19) ist der Meinung, dafs dieses Kohlensäuregas von der Zersetzung der Carbonate durch kieselsäurehaltige Gesteine in hoher Temperatur herrühre. Dann wäre aber zu erwarten, dafs es sich während der vulkanischen Eruptionen entwickeln würde. Monticelli und Covelli fanden es aber nicht in den Rauchsäulen des *Vesuv*, sondern nur in denen, welche aus der Lava aufsteigen, und erst, nachdem deren Temperatur unter 80° R. herabgesunken war.

Wenn wir sehen, dafs in sedimentären Formationen durch Bohrlöcher Kanäle eröffnet werden, durch welche Kohlensäuregas aufsteigt: so können durch das Aufsteigen von Lava in den sedimentären Gesteinen unter dem *Vesuv* gleichfalls Kanäle eröffnet werden, durch welche dasselbe Gas aufsteigt. In diesem Falle würde also durch vulkanische Thätigkeit nicht die Kohlensäure erzeugt, sondern nur ihr Abströmen veranlafst.

[2]) Vulkanische Mineralquellen u. s. w. S. 251 ff.

werk und zu *Nauheim*, Kohlensäure-Exhalationen in Gegenden zu Tage gefördert werden, wo sich nicht die mindesten Spuren einer ehemaligen vulkanischen Thätigkeit zeigen: so mufs man Anstand nehmen, ihre Entstehung in allen Fällen einer solchen Thätigkeit zuzuschreiben.

Da nach Kap. I Nro. 3 die Carbonate von Kalk, Magnesia und Eisenoxydul durch Kieselsäure und siedendes Wasser zersetzt werden: so werden diese Carbonate, wenn sie mit Quarz gemengt in einer Tiefe im Innern der Erde vorkommen, wo sie siedendem Wasser ausgesetzt sind, gleichfalls zersetzt und Kohlensäure wird entwickelt werden [1]).

Ludwig [2]), welcher diese Erklärung adoptirt hat, hält es für sehr wahrscheinlich, dafs auf solche Weise, indem nämlich der devonische Kalk allmälig in Schalstein umgeändert wird, oder in Kieselschiefer, Jaspis und Hornstein übergeht, die Kohlensäure für sämmtliche Säuerlinge der *Wetterau* und auch die für die *Nauheimer* Sprudel aus dem Kalkstein freigemacht wird. Auch die Soolsprudel zu *Kissingen*, welche aus dem Zechsteindolomit entspringen, zeigen, dafs überall da, wo sich in gröfserer Tiefe kohlensaure Kalk- und Magnesiasalze und Kieselerde lagerweis vergesellschaftet finden, Sauerquellen entstehen können (Ludwig S. 56).

Die siedend heifsen Quellen zeigen, dafs wenigstens da, wo sie Ursprung nehmen, Siedhitze herrscht. Angenommen, dafs eine Zunahme der Temperatur von 1° R. in 115 Fufs Tiefe stattfindet [3]), und dafs diese Zunahme nach einer arithmetischen Reihe fortschreitet, so würde in unsern Gegenden in ungefähr 8000 Fufs Tiefe Siedhitze herrschen. Diese Tiefe findet sich unzweifelhaft noch innerhalb des Uebergangsgebirges. An manchen Stellen nimmt aber die Temperatur nach dem Innern viel schneller zu. So fand Graf von Mandelsloh [4]) in einem Bohrloch zu *Neuffen*, am nordwestlichen Fufse der *Schwäbischen Alp*, eine Tem-

---

[1]) I. Aufl. Bd. II. S. 789 u. 790.
[2]) Ludwig a. a. O. S. 42.
[3]) Meine Wärmelehre u. s. w. S. 254.
[4]) Neues Jahrbuch für Mineral. u. s. w. 1844. S. 440.

peratur-Zunahme von 1° R. in 38 pariser Fufs Tiefe. In 1140 Fufs Tiefe zeigte sich die ungewöhnlich hohe Temperatur von 31° R. Schreitet in demselben Verhältnisse die Temperatur-Zunahme fort: so würde dort schon in ungefähr 2800 Fufs Tiefe Siedhitze herrschen. Da dieses Bohrloch von 697 Fufs bis zum Tiefsten desselben in Liaskalk steht: so könnte, wenn dieses Gestein bis zu 2800 Fufs Tiefe fortsetzt und hier quarzhaltig ist, eine Kohlensäure-Entwicklung unter den angegebenen Bedingungen ohne Schwierigkeit gedacht werden. In der Nähe des *Lago di Monte Rotondo* hat man schon in einer Tiefe von 45 bis 60 Fufs die Temperatur des kochenden Wassers erreicht. Nach Payen enthält das Gas der Suffioni in *Toscana* 57,3 % Kohlensäuregas. Nach Fr. Hoffmann [1]) dringen die Wasserdämpfe der Lagunen vom *Monte Cerboli* aus Spalten im Kalksteine. Bei der grofsen *Fumachie di Castel novo* ist feinkörniger Sandstein mit mergeligem Bindemittel herrschend. Hier haben wir alle Bedingungen zur Entwicklung der Kohlensäure: kohlensauren Kalk, Quarz, Wasserdämpfe und Siedhitze in mäfsiger Tiefe. Es ist daher im hohen Grade wahrscheinlich, dafs die Kohlensäure in den Suffioni auf die angegebene Weise entwickelt wird.

Wir haben also nicht mehr nöthig, Kalklager in grofsen Tiefen, wo Glühhitze herrscht, anzunehmen, um das grofsartige Phänomen der Kohlensäure-Exhalationen zu erklären; wir finden dazu in viel geringeren Tiefen die Bedingungen.

Die Frage, ob in grofsen Tiefen und unter hohem Druck Kohlensäure im tropfbaren Zustande vorhanden sein könne, läfst sich nach dem gegenwärtigen Standpunkte der Wissenschaft nicht genügend beantworten [2]).

Mehrere Berichte über Erdbeben sprechen von Gasentwicklungen aus entstandenen Spalten und Rissen [3]), von denen vielleicht das Absterben der Fische in Seen und

---

[1]) Poggendorff's Ann. Bd. XXVI. S. 61.

[2]) I. Aufl. Bd. II. S. 332 ff.

[3]) v. Humboldt's Reise in die Aequinoctial-Gegenden Bd. I S. 499. v. Hoff in Poggendorff's Ann. Bd. VII. S. 292. Bd. IX S. 593 und Bd. XXV. S. 76.

im Meere während mancher Erdbeben, wovon mehrere Beispiele bekannt sind, herrühren mag. Die Unruhe und das Geheul der Thiere, sowohl der zahmen als auch der wilden, welches zu den Vorzeichen der Erdbeben gezählt wird, und welches man. bei ihren schärferen Sinneswerkzeugen, und der gröfseren Nähe derselben an der Erdoberfläche mephitischen Gasarten zuzuschreiben geneigt ist, könnte man gleichfalls mit einer plötzlichen Kohlensäure-Entwicklung in Verbindung setzen [1]).

Die Frage, woher nehmen unsere Brunnenwasser die nöthige Menge Kohlensäure, um Kalk-, Magnesia-Carbonat u. s. w. aufzulösen, ist nicht so leicht zu beantworten.

Schon vor 38 Jahren habe ich auf diesen Gegenstand die Aufmerksamkeit zu richten mich bemüht [2]). Die in die Erde dringenden Meteorwasser enthalten atmosphärische Kohlensäure. In der Dammerde wird durch Fäulnifs-Processe Kohlensäure entwickelt, welche von diesen Gewässern absorbirt wird.

Das Wasser aller Flüsse enthält diese Carbonate aufgelöst, und wir finden sie in den Brunnen, welche ihr Wasser davon erhalten, stets in gröfserer Menge, als im Wasser der Flüsse [3]). So enthält der Brunnen im hiesigen chemischen Laboratorium 3mal so viel kohlensauren Kalk als das Rheinwasser bei *Bonn*. Die Menge der freien Kohlensäure in diesem Wasser wird aber schwerlich hinreichen, diesen Mehrbetrag an kohlensaurem Kalk aufzulösen. Jener Brunnen ist 58 Fufs tief. Das Rheinwasser bewegt sich also weit unter der Dammerde, und da unter ihr eine wasserdichte Lehmschicht liegt: so wird dem Wasser aus der Dammerde keine Kohlensäure zugeführt. Die nachstehenden Untersuchungen zeigen indefs, dafs in dem dichten

---

[1]) Dafs übrigens die mephitischen Gasarten, welche sich bei manchen Erdbeben entwickeln, nicht blos Kohlensäure sein mögen, sondern auch aus Schwefelwasserstoff bestehen, ist daraus zu schliefsen, dafs in den Berichten über Erdbeben von einem Geruche nach Schwefelsäure und von Schwefeldämpfen manchmal gesprochen wird. v. Humboldt a. a. O. S. 484 ff. v. Hoff a. a. O. Bd. XII. S. 567. Bd. XVIII. S. 46.

[2]) Vulkanische Mineralquellen. S. 270 ff.

[3]) Vgl. Peligot, compt. rend. T. XL. p. 1121.

Lehm des Waldbodenuntergrunds noch ein bedeutend gröſserer Kohlensäure-Gehalt als in der atmosphärischen Luft ist.

Boussingault und Lewy [1]) haben die schwierige Aufgabe, die Kohlensäure im Ackerboden zu bestimmen, so befriedigend wie möglich gelöst. Hier die Resultate ihrer Untersuchungen:

Boden.	Culturart.	34 Liter Erde enthielten Liter Luft eingeschlossen.	100 Volume Luft enthielten:		
			Kohlensäure.	Sauerstoff.	Stickstoff.
Leichter Sandboden, frisch gedüngt	—	8,0	2,17	—	—
Derselbe frisch gedüngt, kurz nach Regen	—	—	9,74	10,35	79,91
Derselbe lang vorher gedüngt	Gelbe Rüben	7,9	0,93	19,50	79,57
Sehr sandig	Weinberg	9,6	1,06	19,72	79,22
Sandig mit viel Steinen . .	Wald	4,0	0,87	19,61	79,52
Lehmiger Untergrund des	—	2,4	0,46	—	—
Sandiger vorigen	—	3,0	0,24	—	—
Sandboden, lange vorher gedüngt	Spargeln	7,6	0,74	19,02	80,24
Derselbe frisch gedüngt . .	Spargeln	—	0,85	19,41	79,74
Derselbe vor 8 Tagen gedüngt	Spargeln	—	1,54	18,80	79,66
Grube mit Holzerde . . .	—	14,3	3,64	16,45	79,91
Muschelkalk, thonig, lange vorher gedüngt	Runkelrüben	8,0	0,87	19,71	79,42
Derselbe	Luzerne	7,5	0,80	20,04	79,16
Schwerer Thonboden . . .	Topinambour	7,0	0,66	19,99	79,35
Fruchtbar, feucht	Wiese	5,5	1,79	19,41	78,80
Palmentreibhauserde . . .	—	12,3	0,97	19,66	79,37
Dieselbe, 2 Tage vorher stark begossen	—	—	1,12	18,97	79,91

Diesen Daten zufolge ist die im Boden befindliche Luft ausgezeichnet reich an Kohlensäure; diese beträgt schon in weniger humusreichem und längere Zeit nicht gedüngtem Boden etwa 25mal, in humusreichem etwa 90mal, in kurz vorher gedüngtem Boden selbst gegen 250mal mehr, als der Normalgehalt der gewöhnlichen atmosphärischen Luft. Diese Kohlensäureentwickelung im Boden ist als eine bloſse Folge der Oxydation seiner Humusbestandtheile anzusehen. Wäre diese Oxydation ausschlieſslich auf den

[1]) Compt. rend. T. XXXV. p. 765 und Jahresb. 1852. S. 783.

Kohlenstoff dieser Bestandtheile gerichtet, so müfsten Kohlensäure und Sauerstoff der in den Boden eindringenden Luft, nach der Einwirkung auf den Humus, zusammengenommen dasselbe Volum einnehmen, wie vorher. Da dies nicht der Fall, sondern beinahe durchweg eine wenn auch schwache Volumabnahme bemerklich ist, folgern Boussingault und Lewy weiter, so erstreckt sich die Oxydation auch auf den Wasserstoff des Humus. Als bemerkenswerth heben sie hervor, dafs selbst in dem dichten Lehm des Waldbodenuntergrunds eine beträchtliche Kohlensäurevermehrung statt hat. Die Gewässer, welche durch den Boden langsam filtriren, vermögen also so bedeutende Mengen Kohlensäure zu absorbiren, dafs sie fast Sauerwasser werden können. Theils wird diese Kohlensäure zum Pflanzenwachsthum verbraucht, theils dient sie zur Auflösung von kohlensaurem Kalk und gelangt damit beladen in den Untergrund, und so tief hinab, als der Boden wasserdurchlassend ist.

Brunnen, welche in solchem Boden abgeteuft werden, und Quellen, welche im Untergrund Ursprung nehmen, können daher sehr viel erdige Carbonate und sogar noch freie Kohlensäure enthalten.

Es ist nicht selten, dafs sich über dem Wasser tiefer Brunnen eine Schicht Kohlersäuregas von einigen Fufs Höhe anhäuft, in welcher schon mancher hinabgestiegener Arbeitsmann erstickte. Es ist schwer einzusehen, wie sich aus süfsem Wasser, welches vom Sättigungspunkte mit Kohlensäure so weit absteht, Kohlensäuregas entwickeln kann. Man möchte sogar vermuthen, dafs dieses Gas, wenn es von da- oder dorther in den Brunnenschacht käme, von dem süfsen Wasser vollständig absorbirt werden müfste. Es ist jedoch nicht zu übersehen, dafs diese Kohlensäure vom Austausche der atmosphärischen Luft gegen halbgebundene Kohlensäure herrühren kann.

Die Menge des kohlensauren Kalk, welche jährlich durch die *Pader, Lippe* u. s. w. dem *Teutoburger Walde* entzogen wird, ist gleich einem Cubus von mehr als 100 F. Seite. Um einen solchen Kalkstein-Würfel aufzulösen, sind 779 Millionen Pfund Kohlensäure erforderlich. Es ist nicht wahrscheinlich, dafs die Kohlensäure welche, die Meteor-

wasser aus der Atmosphäre aufnehmen, zu dieser Auflösung hinreicht.

Die Entwicklung von Kohlensäuregas in Bergwerken, in denen oder in deren Nähe keine Kohlensäuerlinge sich finden, zeigt, dafs Zersetzungsprocesse im Innern der Erde wirklich von Statten gehen.

Wenn in den Gasen, welche sich aus Quellen entwickeln, Stickgas gegen Sauerstoff in gröfserem Verhältnisse vorhanden ist, als in atmosphärischer Luft: so ist das fehlende Sauerstoffgas zur Oxydation organischer Ueberreste verbraucht worden. Versuche von Rich. Phillips jun.[1]) haben dies bestätigt: denn als er einen gelinden Luftstrom über 200 Grm. Ackererde leitete, erhielt er 6 Grm. Kohlensäure. Dasselbe wird geschehen, wenn die mit Sauerstoffgas beladenen Meteorwasser in den Gesteinen mit organischen Ueberresten in Berührung kommen.

Die gröfste Menge Sauerstoff, welche Wasser absorbirt enthalten kann, würde, wenn sie sich durch organische Ueberreste ganz in Kohlensäure umwandelte, so viel davon liefern, dafs das Wasser $\frac{1}{3570}$ seines Gewichts kohlensauren Kalk auflösen könnte. Diese Menge stimmt zwar ziemlich nahe mit der des kohlensauren Kalk in den vorhin genannten Flüssen des *Teutoburger Waldes*, und an organischen Ueberresten fehlt es auch nicht in dem Kreidekalk, in welchem diese Flüsse entspringen. Allein das Gas, welches sich aus denselben entwickelt, so wie das vom Wasser absorbirte Gas enthält noch mehr oder weniger Sauerstoff (S. 629). Daher ist nur ein Theil desselben in Kohlensäure umgewandelt worden. Berücksichtigt man endlich, dafs die Meteorwasser niemals das Maximum von Sauerstoff absorbirt enthalten: so bleibt es sehr zweifelhaft, ob die Kohlensäure, welche diese Wasser aus der Atmosphäre mit sich bringen und diejenige, welche durch Oxydation der organischen Ueberreste in dem Kreidekalk auf Kosten ihres Sauerstoff gebildet wird, so viel beträgt, dafs jene grofsen Massen kohlensauren Kalks aufgelöst werden können.

Wenn sich, wie wir oben gesehen haben, aus buntem

---

[1]) Philos. Magazine Vol. XXVI. No. 174.

Sandstein bedeutende Quantitäten Kohlensäuregas entwickeln: so können auch da, wo diese Formation von jüngeren sedimentären Formationen bedeckt werden, solche Entwicklungen stattfinden. Die Möglichkeit kann man daher nicht bezweifeln, dafs die Gewässer jener Flüsse auch aus der Tiefe Kohlensäuregas aufnehmen.

Da überhaupt, wie die vorstehenden Betrachtungen dargethan haben, Kohlensäure-Entwicklungen aus dem Innern keine localen, sondern ziemlich allgemein verbreitete Erscheinungen sind: so mögen die Gewässer der Flüsse, welche durch Sand und Gerölle seitwärts dringen, nicht selten Kohlensäure aus der Tiefe erhalten.

Da durch kohlensauren Kalk eine Auflösung eines Eisenoxydsalzes unter Entwicklung von Kohlensäure zersetzt wird: so sucht Stein[1]) in diesem Processe, wenn derselbe in der Natur im gröfseren Maafsstabe stattfinden sollte, eine bis jetzt unbeachtet gebliebene Quelle der Kohlensäure-Entwicklung. Das Eisenoxydsalz leitet er von verwitterten Eisenkiesen her.

Dafs in manchen Fällen die Kohlensäure diesen Ursprung haben möge, ist wohl nicht zu bezweifeln. Die Umwandlung des kohlensauren Kalk in Gyps zeigt sich nicht selten in der Nähe von Eisenkiesen. Durch Auslaugen derselben findet man häufig Spuren von schwefelsaurem Kalk. Ob aber dieser Procefs so bedeutend gedacht werden könne, um durch ihn bedeutende Kohlensäure-Exhalationen, wie z. B. nach Stein die in *Pyrmont*, zu erklären, scheint uns zweifelhaft. Ueberdies kommen Eisenkiese sehr selten in Kalksteinen vor.

[1]) Neues Jahrbuch für Mineral. u. s. w. 1845. S. 801.

Kapitel XIV.

Kohlenwasserstoffgas-Exhalationen.

Schon lange sind an den westlichen Küsten des *Kaspischen* Meeres, in der Gegend von *Baku* auf der Halbinsel *Abscheron*, die Exhalationen brennbaren Gases und die *Naphta-* und *Petroleum*-Quellen bekannt. Durch eine große Zahl von Temperatur-Beobachtungen von Quellen und Brunnen fand Abich[1]) die mittlere Temperatur des Bodens auf *Abscheron* = 12° R., die der *Naphta* 13° bis 15°7 und die der Gasquellen 16°2. Das Gas kann daher nur aus mäßsigen Tiefen kommen. Auf dem *Schagdag* unweit des Dorfes *Kinalughi*, 7834 Fuſs über dem *Kaspischen* Meer, finden sich bedeutende Exhalationen von Kohlenwasserstoffgas (die ewigen Feuer des *Schagdag*), welches unmittelbar aus Klüften des mit Schiefer wechselnden Sandstein ausströmt. Dieses brennende Gas wird nie durch meteorologische Ereignisse erstickt.

Unter den vielen anderen Stellen, wo sich Kohlenwasserstoffgas entwickelt, führen wir folgende an: zu *Pietramala* in den *Apenninen Toscana's*, wo es an einer Stelle aus dem Kalkboden des *Maciquo* der älteren Tertiärzeit strömt, und mit breiter, nicht sehr hoch sich erhebender Flamme brennt[2]); aus einem Bache bei *Bedlay* unfern *Glasgow*[3]) (schon seit länger als 40 Jahren bekannt), zu *Klein-Saros* in *Siebenbürgen*[4]) u. s. w. Am häufigsten finden sich diese Exhalationen in Steinkohlengruben, wo sie theils aus Spalten des Nebengesteins, theils aus der Steinkohle selbst hervorkommen. Mit Bestimmtheit ist nicht

---

[1]) Zeitschrift d. deutsch. geologischen Gesellsch. Bd. III. S. 45.

[2]) Eichwald Nouv. Mém. de la Soc. des Natural. de Moscou. T. IX. p. 220.

[3]) Bald in Edinb. Journ. of sc. 1829. July p. 67.

[4]) Gilberts Ann. der Physik. Bd. XXXVII. S. 1 ff.

erwiesen, dafs sich brennbare Gase aus Braunkohlen entwickeln; wohl aber aus bituminösen Lagern von Thoneisenstein. Aus bituminösem Sand bei *Bechelbronn* entwickelt sich brennbares Gas bisweilen mit grofser Heftigkeit [1]). Manchmal entwickelt sich auch brennbares Gas aus Quellen. So aus der *Adelheid*-Quelle bei *Benediktbeuern* [2]), aus den heifsen Quellen von *Aachen* (0,26—1,82 % von dem Volumen des Gasgemengs, welches ausströmt oder durch Kochen des Wassers erhalten wird [3]), aus den Schwefelquellen zu *Nenndorf* (0,17—1,46 %) [4]), aus der Mineralquelle zu *Niederlangenau* in der Grafschaft *Glatz* (8,02 %) [5]), aus den *Herculesbädern* in der Umgegend von *Orsova* im *Bannat* (0,38—0,88 %) [6]), aus dem Mineralwasser von *Coëse* in *Savoyen* [7]) u. s. w. Solche, zum Theil so geringe Quantitäten Kohlenwasserstoffgas wird man wahrscheinlich noch in vielen Gasexhalationen finden. Daher mag die Entwicklung dieses Gases wohl eine ziemlich verbreitete Erscheinung sein. Sehr häufig ist man beim Niederstofsen von Bohrlöchern auf Entwicklungen von Kohlenwasserstoffgas gekommen.

Diese Exhalationen kommen im Steinsalzgebirge häufig vor. Die ersten Nachrichten hierüber theilten Guettard [8]) und Marcel de Serres [9]) mit. Bremer [10]) berichtet über ein brennbares Gas, welches seit dem 18. März 1826 aus einer Spalte des im Steinsalz eingelagerten Thonmergels, in der Grube *Ludovici* zu *Szlatina* in *Ungarn*, in 45 Klaftern Tiefe ununterbrochen ausströmt, und zur Beleuchtung der Grube benutzt wird. Eine solche Gasausströmung ist da-

---

[1]) Daubrée Neues Jahrb. für Mineral. 1853. S. 739.
[2]) Schafhäutl in Jahrb. für Mineral. u. s. w. 1846. S. 688.
[3]) Bunsen in Poggendorff's Ann. Bd. LXXXIII. S. 252.
[4]) Ebend. S. 253.
[5]) Poleck im Journ. f. pract. Chem. B. LII. S. 353.
[6]) Ragsky im Jahrb. der österreich. geol. Reichsanstalt. 1851. Bd. II. S. 93.
[7]) Centrbl. 1852. S. 47.
[8]) Mém. sur la mine de sel de Wieliczka, Mém. de l'Acad. 1762. p. 512.
[9]) Essai sur les manufactures de l'empire d'Autriche. T. II. p. 374.
[10]) Poggendorff's Ann. Bd. VII. S. 131.

selbst schon früher beobachtet worden[1]. Auf der Saline *Gottesgabe* zu *Rheine* in der Grafschaft *Tecklenburg* strömt brennbares Gas aus einem alten Schacht, der schon seit 86 Jahren nicht mehr im Betriebe steht, hervor, welches von 1824 an mehrere Jahre zur Beleuchtung und Heizung verwendet wurde. In 5 Minuten entwickelte sich ungefähr 1 Cubikfuſs Gas[2]. Eine nicht unbedeutende Entwicklung dieses Gases fand ich aus einem Bohrloche der Saline *Münster am Stein* bei *Kreuznach*. Nach Eaton[3]) strömt an drei Orten, an der Südseite des *Erie-Kanals* im Staate *Newyork*, Kohlenwasserstoffgas aus einem Steinsalzlager aus, unter welchem ein sehr ausgedehntes 300 Fuſs mächtiges Steinkohlenflötz liegt. Zu *Rocky Hill* am *Ohio*, 1½ engl. Meile vom *Erie*-See, kam man beim Bohren nach Steinsalz auf eine Exhalation von brennbarem Gas, welches eine beträchtliche Zeit lang in groſser Menge ausströmte[4]). Südlich von diesem See, 2 engl. Meilen davon entfernt, strömt brennbares Gas in solcher Menge aus einem im Stinkstein niedergetriebenen Bohrloche, daſs man das Dorf *Fredonia* damit erleuchtet. Das Licht der Flamme dieses Gases ist jedoch nicht so lebhaft, wie das des künstlichen Leuchtgases[5]). In der Gegend von *Marietta* im Staate *Ohio* ist das brennbare Gas ein beständiger Begleiter der Soolquellen, so daſs das Erscheinen desselben bei Bohrversuchen auf Steinsalz als ein Vorzeichen des glücklichen Erfolgs angesehen wird[6]). In *China* im District *Tseu-lieou-tsing* sind, nach den Mittheilungen des Missionair Imbert[7]), die Ausströmungen von brennbarem Gas aus erbohrten Soolbrunnen sehr gemein. Einige dieser Brunnen werden nur auf brennbares Gas benutzt, welches sie in solcher Menge liefern, daſs man es zum Versieden der Soole, so

---

[1]) Geographisch-Historisches und Producten-Lexicon von Ungarn. 1786. S. 713.

[2]) Poggendorff's Ann. Bd. VII. S. 133.

[3]) Silliman's Journ. Vol. XV. p. 237.

[4]) Edinb. Journ. Vol. X. p. 186.

[5]) Journ. of the Roy. Inst. T. I. p. 263.

[6]) Silliman's Journ. Vol. X. p. 5.

[7]) Bibliothèque universelle T. XL. p. 318 u. Compt. rend. T. XXII. p. 667.

wie zum Heizen und Erleuchten der Salinengebäude benutzt. Als die Soole in einem dieser Brunnen ausblieb, bohrte man bis auf 3000 Fufs: die Soole erschien nicht wieder; als aber der Bohrer bis zu dieser enormen Tiefe gekommen war, erschien plötzlich ein Gasstrahl, welcher als Brennmaterial benutzt wurde. Es gibt Brunnen, deren Gas beim Anzünden eine Feuersäule von 30 Fufs Höhe liefert. Hier scheint das Gas aus Steinkohlenlagern zu kommen: denn man hat sie oft beim Bohren angetroffen. Ein brennbares Gas, welches sich in bedeutenden Mengen bei dem Dorf *Charlemont* in *Staffordshire* entwickelt, enthält nach S. S. Howard 99,6% Kohlenwasserstoffgas[1]). Auch in Salzsoolen von *Canada* kommen Kohlenwasserstoffgas-Entwicklungen aus mehreren Quellen vor[2]).

Dafs Kohlenwasserstoffgas-Exhalationen so häufig in salzführenden sedimentären Formationen sind, scheint nicht im Causalzusammenhang zwischen der Bildung dieses Gases und dem Vorkommen von Steinsalz zu stehen. Da die meisten Bohrlöcher, um Steinsalz oder Soolquellen aufzusuchen, niedergetrieben wurden: so ist wohl nur diesem Umstande jenes Zusammentreffen von Salzsoolen und Kohlenwasserstoff-Exhalationen zuzuschreiben.

Analysen von brennbarem Grubengas aus Steinkohlengruben:

	I.	II.	III.	IV.	V.
		Bischof[3])		Th. Graham[4])	
Kohlenwasserstoffgas	83,08	91,36	79,10	94,2	82,5
Oelerzeugendes Gas	1,98	6,32	16,11	—	—
Sauerstoffgas	—	—	—	1,3	1,0
Stickgas	14,94	2,32	4,79	4,5	16,5
	100,00	100,00	100,00	100,0	100,0

[1]) Jahresb. 1849. S. 789.

[2]) T. Sterry Hunt (Geological Survey of *Canada*, Report for 1853).

[3]) Edinb. new philos. Journ. Vol. XXIX. p. 309 und Vol. XXX. p. 127.

[4]) Philos. Mag. and Journ. of Sc. III. Ser. No. 189. p. 437. Schon vor mehr als 30 Jahren haben Henry, Thomson, Hy. Davy u. s. w. brennbare Grubengase analisirt. Seitdem hat aber diese Analyse Fortschritte gemacht. Im Allgemeinen stimmen die Resul-

	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.	XI.	XII.
Kohlenwasserstoffgas . .	92,49	93,09	92,24	95,39	97,51	95,56	97,89
Oelerzeugendes Gas [1]) . . .	4,11	3,26	4,26	—	—	—	—
Stickgas . . .	2,13	0,49	—	—	—	—	—
Kohlensäuregas	0,93	2,18	3,50	4,61	2,49	4,44	2,11
Wasserstoffgas	0,34	0,98	—	—	—	—	—
	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

	XIII.	XIV.
Kohlenwasserstoffgas	47,37	76,61
Kohlensäuregas	3,10	—
Sauerstoffgas	0,17	5,36
Stickgas	49,39	18,03
	100,03	100,00

I. Ein Bläser aus einer Spalte im Kohlensandsteine, im *Gerhards*-Stollen bei *Saarbrücken*.

II. Ein Bläser aus einer Spalte im Schieferthon, auf der Sohle eines Stollens in einer Kohlengrube bei *Wellesweiler*, in der Umgegend von *Saarbrücken*.

III. Aus einem artesischen Brunnen in einem Schacht im Fürstenthum *Schaumburg*.

IV. Aus den Steinkohlengruben von *Gateshead* in der Nähe von *New-Castle*.

V. Aus den Steinkohlengruben von *Killingworth* bei *New-Castle*.

VI. und VII. Gas von verschiedenen Orten der Halbinsel von *Abscheron*, nach Schmidt.

VIII. bis XII. Brennbare Gase von den Halbinseln von *Kertsch* und von *Taman*, nach Bunsen[2]).

XIII. ist Sumpfgas aus einem Teiche des botanischen Gartens in *Marburg*, im Winter.

XIV. dasselbe Gas im Sommer[3]).

---

tate, welche jene Chemiker erhalten haben, mit den obigen überein. Die Gegenwart von ölerzeugendem Gas ist aber in keiner jener Analysen angegeben.

[1]) Das von mir aufgefundene ölerzeugende Gas ist also keine isolirte Erscheinung.

[2]) Jahresb. 1855. S. 1003.

[3]) Bunsen im Jahresb. 1850. S. 849.

Das Gas I. strömte nicht mit einer den Druck der Atmosphäre überwindenden Pressung aus, wohl aber das Gas II.; denn dieses entwickelte sich aus der Sohle des Stollens, welche einige Zoll hoch mit Wasser bedeckt war. Beide Gase waren ohne Geschmack und Geruch. Das Gas III. entwickelte sich mit Gewalt. Diese drei Gase trübten Kalkwasser: Nro. I. und II. enthielten 4 % Kohlensäuregas. Sie enthielten keine bestimmbare Menge Sauerstoff und keine durch Schwefelsäure condensirbaren Kohlenwasserstoff-Dämpfe. Die Gase I. und II. hatten eine Temperatur, welche die mittlere an den Stellen ihres Vorkommens nur um ungefähr 1°,25 bis 2°,8 R. übertrafen; sie konnten daher nur aus Tiefen von 112 bis 155 Fufs unter dem Stollen heraufkommen.

Das Gas V. erlitt eine Verminderung durch Chlorgas in der Dunkelheit; da aber in ihm, als ein wenig Luft zugesetzt wurde, Phosphor stark leuchtete, während eine Beimengung von $\frac{1}{400}$ oder noch weniger ölerzeugendem Gas dieses Leuchten aufhebt: so schlofs Graham auf die Abwesenheit dieses Gases.

In I. bewirkte Chlorgas so geringe Absorptionen, dafs die Gegenwart des ölerzeugenden Gases etwas zweifelhaft blieb. Sollte es gegenwärtig gewesen sein: so konnte es 0,25 % nicht überstiegen haben. Chlorgas zeigte dagegen in II. 2,8 bis 3,8 und in III. 6,56 % ölerzeugendes Gas an.

Nach Graham's Versuchen möchte es zweifelhaft erscheinen, ob diese drei Gase wirklich ölerzeugendes Gas enthielten. Woher kommt es aber, dafs Chlorgas so sehr ungleiche Mengen absorbirte, obgleich die Versuche ganz unter denselben Umständen angestellt wurden? — Auch die Quantitäten Sauerstoffgas, welche diese drei Gase zur Detonation verbrauchten, und aus welchen deren Zusammensetzung berechnet wurde, standen nahe in gleichem Verhältnisse mit den Absorptionen durch Chlorgas. Endlich war das Gas III. auch etwas leichter entzündbar als das von II., und leuchtete viel stärker als die anderen Grubengase, welches gleichfalls auf die Gegenwart von ölerzeugendem Gas deutete. Den Versuch mit Phosphor habe ich nicht angestellt. IV. und V. enthielten kein Koh-

lensäuregas. Sollte es vielleicht schon vor der Analyse vom Wasser absorbirt worden sein?

Die Gase I., II., IV. und V. kommen in der alten Steinkohlen-Formation vor. Diejenigen, welche früher von Henry, Thomson, Davy u. s. w. analysirt wurden, stammen, so viel mir bekannt ist, gleichfalls aus dieser Formation ab. Das Gas III. kommt aber aus einer viel jüngeren Formation, nämlich aus dem Lias. Der Hauptbestandtheil aller dieser Grubengase ist daher leichtes Kohlenwasserstoffgas mit manchmal kleinen Quantitäten ölerzeugendem und Kohlensäuregas. Stickgas scheint stets gegenwärtig zu sein. Es kann in denjenigen Exhalationen, welche eine höhere Pressung als die Atmosphäre haben, nicht von dieser herrühren; sondern es ist ohne Zweifel ein Zersetzungsproduct organischer Substanzen, wahrscheinlich der Kohlen selbst. Die Aehnlichkeit der Grubengase mit den Sumpfgasen spricht sehr für eine solche Entstehung.

Kohlenoxydgas war in keinem dieser fünf Gase aufzufinden. Bunsen[1]) konnte gleichfalls nicht die geringsten Spuren von diesem Gas in mehreren von ihm untersuchten Kohlenwasserstoff haltenden Exhalationen entdecken. Da die Kohlenwasserstoffgas-Exhalationen unzweifelhaft von der Zersetzung organischer Substanzen auf nassem Wege herrühren (Kap. XV), und da unter diesen Umständen nie Kohlenoxydgas entwickelt wird: so wird schwerlich dieses Gas in solchen Exhalationen gefunden werden. Die oben angegebenen niederen Temperaturen der Exhalationen auf *Abscheron*, wo man sehr geneigt ist, vulkanische Wirkungen in der Tiefe zu vermuthen, schliefsen jede Mitwirkung der Hitze bei ihrer Entstehung aus.

Bunsen konnte sogar in vielen von ihm untersuchten Exhalationen auf *Island*, welche unzweifelhaft mit vulkanischen Thätigkeiten zusammenhängen, keine brennbaren kohlenstoffhaltigen Bestandtheile finden. Entwicklungen von Kohlenwasserstoffgas irgendwo schliefsen also jede Mitwirkung vulkanischer Thätigkeiten aus.

Bemerkenswerth ist, dafs das Sumpfgas XIII. und

[1]) A. a. O. S. 241 u. 253.

XIV. viel weniger Kohlenwasserstoff und viel mehr Stickgas als die Grubengase enthält.

Die stickstoffhaltigen Bestandtheile organischer Körper sind viel leichter zersetzbar, als die stickstofffreien; daher mufs sich in den ersten Stadien der Fäulnifs mehr Stickgas, in den letzteren Stadien mehr Kohlenwasserstoff entwickeln. In den Exhalationen aus einem Teiche, wo todte Wasserthiere fortwährend faulen, kann das Stickgas stets vorherrschen. In den Exhalationen aus Steinkohlen, wo die stickstoffhaltigen Substanzen längst zersetzt sind, können sich nur Spuren von Stickgas finden.

Der gröfsere Gehalt an Kohlenwasserstoff in jenen Exhalationen aus einem Teiche im Sommer, als im Winter, zeigt übrigens den Einflufs der Temperatur auf die Zersetzung organischer Ueberreste.

Fortgesetzte Untersuchungen haben dargethan, dafs die Kohlenwasserstoffgas-Exhalationen eine grofse geologische Bedeutung haben. Sie werfen Licht auf submarine Reductions-Processe, auf die Bildung von Eisenspath, Sphärosiderit, Eisenkies u. s. w. Daher schalte ich die durch neuere Untersuchungen der Kohlenwasserstoffgas-Exhalationen gewonnenen Resultate hier ein.

Es wurde schon bemerkt, dafs diese Exhalationen im Steinsalzgebirge häufig vorkommen. Kohlenwasserstoffgas kann nur ein Product vegetabilischer Ueberreste sein. Solche fand man zwar im Steinsalze, aber nur selten (Kap. XVIII): aus diesen Ueberresten kann sich daher Kohlenwasserstoffgas auch nur selten entwickeln.

Bei weitem die meisten Bohrlöcher, welche niedergetrieben wurden, hatten den Zweck Steinsalzlager oder reiche Soolen aufzusuchen. Durchbohrte man Schichten, welche reich an vegetabilischen Ueberresten waren: so stellten sich häufig Kohlenwasserstoffgas-Exhalationen ein, deren Entstehung aber in keiner Beziehung zur Steinsalz-Formation stand, die überdies nicht immer erreicht wurde.

In der Nähe von *Recklinghausen* in *Westphalen* hat man vor einigen Jahren in der Kreide-Formation 860 Fufs tief gebohrt, um Steinkohlen aufzusuchen. In 780 Fufs Tiefe stiefs man auf eine 15° R. warme aufsteigende Soolquelle, aus welcher sich Gas entwickelte. Die Steinkohlen-For-

mation wurde nicht erreicht; nach anderen Bohr-Versuchen in der Nähe würde aber dieselbe in ungefähr 980 Fufs Tiefe zu finden sein.

Ich nahm diese Quelle im Herbst 1857 in Augenschein, und fand, dafs sich das Gas in den kleinsten Bläschen aus der Soole entwickelt. Die aus dem Bohrloche geschöpfte Soole erschien in einer Bouteille wie eine mit Wasser verdünnte Milch. Es waren aber nur diese Bläschen, welche die Soole trübten; denn mit dem allmäligen Entweichen des Gases klärte sich das Wasser vollständig. In dem das Bohrloch umgebenden Bassin bildete das abfliefsende Wasser einen weifsen Schaum, der an den vom Ausflusse entfernteren Stellen verschwand.

Das 4 Fufs tiefe Wasser erschien hier schön grünlich blau, welches das sichere Kennzeichen eines vollkommnen klaren Wassers ist.

Das ausströmende Gas ist brennbar und brennt wie reines Kohlenwasserstoffgas, mit einer sehr schwach leuchtenden oben gelblichen, unten bläulichen Flamme.

Nachdem in das Bohrloch eine Röhre wasserdicht eingesetzt worden war, sprang die Soole anhaltend ungefähr 20 Fufs über den Boden.

Die günstige sich mir darbietende Gelegenheit, das ausströmende Gas genauer zu untersuchen, benutzte ich zu folgenden Versuchen.

Mittelst des in der ersten Auflage[1]) beschriebenen und etwas verbesserten Apparats wurde die Menge des ausströmenden Gases bestimmt. Am 30. April 1858 fand ich im Mittel aus zwei ziemlich übereinstimmenden Messungen 100,1 und am 1. Mai im Mittel aus zwei fast vollkommen übereinstimmenden Messungen 120 Cubikfufs Gas, welche in 24 Stunden aus dem Bohrloche frei ausströmen. Die Zeit gestattete nicht, noch weitere Messungen vorzunehmen, um, wo möglich die Ursache dieser bedeutenden Abweichung in den Resultaten zu finden.

Als 3,783 Cubikfufs Gas durch eine Lösung von schwefelsaurem Kupferoxyd geleitet wurden, zeigte sich auch nicht die mindeste bräunliche Färbung in der Flüssigkeit

---

[1]) Bd. I. S. 275. Vergleiche dieses Werk Bd. I. S. 228.

Das Gas enthält daher keine Spur von Schwefelwasserstoffgas.

Als dagegen 5,04 Cubikfufs Gas durch eine verdünnte Lösung von Barythydrat geleitet wurden, trübte sich alsbald die Flüssigkeit und es entstand ein weifser Niederschlag, der jedoch nach längerem Durchleiten wieder verschwand. Die ganz klare Lösung reagirte nicht alkalisch. Beim Erhitzen bis zum Sieden entwickelte sich Gas und die Flüssigkeit trübte sich. Ein anderer Theil derselben wurde durch Aetzammoniak sogleich getrübt. Es war demnach aller Baryt mit Kohlensäure gesättigt und der entstandene kohlensaure Baryt in überschüssiger Kohlensäure wieder aufgelöst worden. Die Gegenwart des Kohlensäuregases im ausströmenden Gas war hiermit dargethan. Die Menge derselben hätte bestimmt werden können, wenn in dem Momente, wo die Trübung wieder verschwunden war, die Durchleitung des Gases unterbrochen worden wäre. Dies war aber versäumt worden, und wiederholt konnte der Versuch nicht werden. Als im Laboratorium durch das aufgefangene Gas Kalkwasser geleitet wurde, trübte sich dieses nicht; als jedoch in eine mit Gas gefüllte und mit Quecksilber abgesperrte grofse Bouteille Barytwasser gebracht wurde, trübte sich dieses nach mehreren Stunden. Nach acht Tagen betrug der Niederschlag so viel, dafs dessen Gewicht bestimmt werden konnte. Danach beträgt das Kohlensäuregas 1,75% vom Volumen des ganzen Gases.

Die Menge des aus dem Bohrloche ausfliefsenden Wassers beträgt nach meinen Messungen 20143 Cubikfufs in 24 Stunden. Nach den oben angeführten Messungen des ausströmenden Gases beträgt daher dieses 5% bis 6% vom Volumen des Wassers.

Da jedoch das Gas nur gemessen werden konnte, während das Wasser seitwärts abflofs: so mögen wohl Gasbläschen, welche sich noch nicht vom Wasser losgerissen hatten, mechanisch mit demselben fortgeführt worden sein. Die erhaltenen Resultate sind daher als Minima zu betrachten.

Die Menge des Gases, welches die ausfliefsende Soole absorbirt enthält, wurde im chemischen Laboratorium bestimmt. Um das beim Füllen und auf dem Transport etwa entwichene Gas wieder zu ersetzen, wurde die Soole mit

dem gesammelten Gas anhaltend geschüttelt und dann so lange gekocht, als sich noch Gasbläschen entwickelten. Das über Quecksilber aufgefangene Gas betrug bei der Temperatur der ausfliefsenden Soole = 15° R. und bei 28 Zoll Barometerstand 4,06% vom Volumen des Wassers [1]).

Die in 24 Stunden ausfliefsenden 20143 Cubikfufs Soole enthalten demnach Gas absorbirt . . . 817,8 Cubikfufs
Dazu das frei ausströmende Gas nach der ersten Messung . . . . 100,1 -
Summa 917,9 Cubikfufs
nach der zweiten Messung 121
Summa 938,8 Cubikfufs

Die Menge des ausströmenden Gases ist daher nur 0,122 bis 0,148 vom absorbirten Gase.

Da nach Couërbe die Volumina des absorbirten Gases bis zu einem 5fachen Drucke ziemlich nahe in geradem Verhältnisse mit den Druckgraden wachsen: so reicht schon ein Druck von 1,122 bis 1,148 Atmosphären hin, die vorstehenden 917,9 bis 938,8 Cubikfufs Gas in Absorption zu halten. In Tiefen von 0,122 . 32 = 3,9 und von 0,148 . 32 = 4,7 Fufs unter dem Ausflusse der Soole können also diese Quantitäten Gas in Absorption gehalten werden. Beim Aufsteigen der Soole beginnt demnach die Entwicklung des Gases aus derselben erst ungefähr 4,3 Fufs unter ihrem Ausflusse und schreitet mit abnehmendem hydrostatischen Drucke fort bis die Soole nur noch dem einfachen Atmosphären-Drucke ausgesetzt ist. Es ergibt sich hieraus ganz entschieden, dafs das ausströmende Gas nicht von Gasquellen herrühren kann, welche mit der Soole im Bohrloche communiciren. In 780 Fufs Tiefe des Bohrlochs herrscht ein Druck von 24 Atmosphären; würde durch Versuche ermittelt, in welchem Verhältnisse das Volumen des unter solchem Drucke absorbirt werdenden Kohlenwasserstoffgases zum Volumen der Soole steht: so würde leicht zu berechnen sein, welche viel gröfsere Quantitäten Gas aus dem Bohrloche ausströmen könnten, ohne dafs die Existenz von Gasquellen anzunehmen nöthig wäre.

---

[1]) Dies stimmt mit Bunsen's Versuchen ganz überein. Er fand dafs 4% Grubengas bei 12° R. vom Wasser absorbirt wird. Jahresb. 1855. S. 280.

Wenn, wie wir gesehen haben, die Entwicklung des Gases so wenig tief unter dem Ausflusse der Soole erfolgt: so kann es sich nur in den kleinsten Bläschen ausscheiden; denn auf einem kurzen Wege haben diese Bläschen keine Zeit sich zu gröfseren Blasen zu vereinigen.

Denkt man sich eine Verminderung der Menge der in Rede stehenden aufsteigenden Soole, während die Menge des auf Kosten organischer Ueberreste sich bildenden Gases dieselbe bliebe: so würde das Wasser in der Tiefe des Bohrloches eine gröfsere Menge Gas absorbiren, und die Entwicklung desselben würde schon in gröfseren Tiefen beginnen. Von da an, wo diese Entwicklung beginnt, bis zum Ausflusse des Wassers entwickelt sich in allen Punkten der aufsteigenden Wassersäule Gas, die in tieferen Punkten entwickelten Gasbläschen steigen aber mit gröfserer Geschwindigkeit als die in höheren Punkten entwickelten auf, jene holen daher diese ein und vereinigen sich damit zu gröfseren Blasen. Je höher daher die Wassersäule ist, in welcher die gleichzeitige Gasentwicklung stattfindet, desto gröfser werden die Blasen.

In der Soole bei *Recklinghausen* konnte die Gegenwart freier Kohlensäure nicht mit Bestimmtheit nachgewiesen werden. Carbonate sind nur in sehr geringen Mengen darin vorhanden; mithin beträgt die halbgebundene Kohlensäure noch weniger als diese. Auffallend erscheint es daher, dafs dennoch 1,75% Kohlensäuregas im Kohlenwasserstoffgas gefunden wurden [1]). Wie kommt es, mufs man fragen, dafs sich aus einer aufsteigenden Quelle ein Gas entwickelt, dessen Menge bei weitem weniger beträgt, als diejenige ist, welche das Wasser unter dem einfachen Atmosphären-Drucke absorbiren kann? Nach den Kap. I. Nr. 60 angeführten Versuchen, wonach die geringen Mengen freier Kohlensäure, welche in gewöhnlichem Brunnenwasser enthalten sind, durch einströmende atmosphärische

---

[1]) Durch die Analyse eines aus einer Quelle ausströmenden Gases kann man daher noch Minima von gasförmigen Bestandtheilen im Wasser nachweisen. Obige Soole enthält gewifs nicht Schwefelwasserstoffgas, da im ausströmenden Gase keine Spur davon nachgewiesen werden konnte.

Luft fortgetrieben werden können, kann man nur zu der Annahme geführt werden, dafs es das verhältnifsmäfsig in grofser Menge entweichende Kohlenwasserstoffgas ist, welches obige 1,75% Kohlensäuregas fortführt.

Es ist bekannt, dafs schon manchmal Arbeitsleute, in tiefe Brunnen süfsen Wassers hinabsteigend, in der Nähe des Wasserstandes in eine Schicht von Kohlensäuregas kamen, und darin erstickten. In diesen Fällen kann die Entwicklung des Kohlensäuregases nur die Folge eines Austausches der geringen vom Wasser absorbirten Mengen dieses Gases gegen atmosphärische Luft sein. Das sich nach und nach ausscheidende specifisch schwerere Kohlensäuregas häuft sich allmälig an, indem die Diffusion in die atmosphärische Luft wegen beschränkter Luftbewegung nur langsam von Statten geht (S. 723).

In der Nähe von *Bielefeld* bei *Heepen* in *Westphalen* wurde ein Bohrloch im Lias zur Aufsuchung von Steinkohlen niedergetrieben. In ungefähr 250 Fufs Tiefe wurde gleichfalls eine aufsteigende 11° R. warme Soole erbohrt, aus welcher sich Kohlenwasserstoffgas entwickelt. Ich fand, dafs in 24 Stunden 685 Cubikfufs Soole ausfliefsen; es war jedoch nicht möglich, die Menge des ausströmenden Gases zu messen. Dem Anscheine nach ist die Entwicklung desselben viel bedeutender als im Bohrloche bei *Recklinghausen*. Das Gas steigt in grofsen Blasen auf, und brennt, wenn angezündet, ununterbrochen fort. Da die ausfliefsende Soole nur $\frac{1}{29}$ von der bei *Recklinghausen* beträgt: so ist die Menge des dort ausströmenden Gases im Verhältnisse zum Wasser jedenfalls bei weitem gröfser als hier.

Beide Soolen enthalten sehr nahe gleiche Quantitäten Salze; sie werden daher auch nahe gleiche Mengen Kohlenwasserstoffgas absorbiren; die Soole von *Heepen* etwas mehr, weil sie um 4° R. kälter als die Soole von *Recklinghausen* ist. Angenommen dafs die Soole von *Heepen* unter einem 7fachen Drucke in 192 Fufs Tiefe ganz mit dem Gase gesättigt ist, und dafs sie, nach Couërbe, unter diesem Drucke 5mal so viel Gas als unter dem einfachen Atmosphären-Druck enthält: so würde das Gas in dieser Tiefe $4{,}06 . 5 = 20{,}30\%$ vom Volumen des Wassers betragen. Von diesem Gas würden beim Aufsteigen der Soole 16,24%

entweichen und 4,06% unter dem einfachen Atmosphären-Druck absorbirt bleiben. Da nun das Bohrloch bei *Heepen* in 24 Stunden 685 Cubikfuſs Soole liefert: so würden aus derselben in dieser Zeit 111,24 Cubikfuſs Gas entweichen. Die Menge dieses Gases ist nahe das Mittel aus den Messungen des Gases, welches aus dem Bohrloche bei *Recklinghausen* ausströmt. Das Bohrloch bei *Heepen* ist aber noch ungefähr 58 Fuſs tiefer als 192 Fuſs; in dieser Tiefe findet fast ein Druck von 9 Atmosphären statt; die Menge des absorbirten Gases würde daher, wenn die Soole damit gesättigt, noch mehr betragen, als 20,30% vom Volumen des Wassers, und es würden in diesem Falle noch mehr als 111,24 Cubikfuſs Gas ausströmen. Sollte die Menge des wirklich ausströmenden Gases noch mehr betragen, als durch diese Calculation gefunden wird: so würde man zu dem Schlusse kommen, daſs nicht alles Gas, welches aus dem Bohrloche bei *Heepen* ausströmt, in dem Tiefsten desselben von der Soole absorbirt gehalten wird, sondern daſs ein Theil davon als Gas in das Bohrloch dringt und mit demjenigen Gase, welches sich während des Aufsteigens der Soole entwickelt zu Tage tritt.

Mag alles Gas, welches aus diesem Bohrloche ausströmt, von der Soole in der Tiefe absorbirt gehalten werden, oder nur ein Theil davon: in beiden Fällen muſs das Gas in groſsen Blasen entweichen, wie dies wirklich der Fall ist.

Beim Niederstoſsen des Bohrlochs bei *Recklinghausen* wurden graue Mergelschichten durchbohrt, welche in 773 Fuſs Tiefe allmälig eine weiſse Farbe annahmen. Von da an bis zu 813 Fuſs Tiefe hielt der weiſse Mergel an, von hier an wurde er grünlich, und in 860 Fuſs Tiefe war er ganz grün. Bis zu 773 Fuſs Tiefe war das Bohrloch trocken; hier sank aber der Bohrer von selbst 7 Fuſs tief, worauf die Soole plötzlich aufstieg und überfloſs.

Der Uebergang des grauen Mergel in weiſsen zeigte sich also genau in der Tiefe, aus welcher die Soole aufstieg. Unverkennbar ist daher ein causaler Zusammenhang zwischen dieser Farben-Veränderung und dem Sitze der Soole. Sind es, wie nicht zu zweifeln, organische Ueberreste, von denen die graue Farbe der oberen Mergel-

schichten herrührt: so kann das Verschwinden dieser Farbe nur die Folge der Einwirkung der Soole sein. Die Soole zersetzt demnach die organischen Ueberreste und im Kohlenwasserstoffgas und Kohlensäuregas finden wir die Zersetzungs-Producte. Dafs Kohlenwasserstoffgas nur entstehen kann, wo organische Ueberreste unter Wasser zersetzt werden, glauben wir mit hinreichenden Gründen dargethan zu haben. Ob diese Zersetzung durch Salzwasser kräftiger als durch reines Wasser erfolgt, lassen wir dahingestellt; da indefs Kohlenwasserstoffgas so häufig aus Soolen entwickelt wird: so scheint dies in der That so zu sein.

Das plötzliche Sinken des Bohrers beim Anbohren des unterirdischen Soolen-Behälters zeigt bedeutende Klüfte in den Mergelschichten. Da die Soole je nach dem gröfseren oder kleineren Umfange dieser Klüfte längere oder kürzere Zeit in denselben stagnirt: so sind die Bedingungen gegeben, dafs sie sich mit den Zersetzungs-Producten der organischen Ueberreste sättigen kann, ehe sie zum Aufsteigen kommt.

Es kann nicht einen Augenblick zweifelhaft bleiben, dafs auf dem Meeresgrunde, wo es an organischen Ueberresten nicht fehlt, dieselben Zersetzungen von Statten gehen werden [1]). Das Kohlenwasserstoffgas, welches auf dem Meeresboden entsteht, wird aber von der grofsen Menge Meerwasser, womit es in Berührung kommt, und unter dem hohen hydrostatischen Drucke tiefer Meere gänzlich in Absorption gehalten.

Da Kohlenwasserstoffgas Eisenoxyd in mäfsiger Wärme vollständig reducirt: so ist nicht zu zweifeln, dafs es, vom Wasser absorbirt, schon in gewöhnlicher Temperatur reducirend wirken werde. Dafs überhaupt Gase durch Wasser liquide geworden energischer wirken, als im gasförmigen Zustande, zeigt sich unter anderen bei den eisenhaltigen Mineralwassern. Die geringe Menge Sauerstoffgas,

---

[1]) Nach meiner Analyse enthält die Soole von *Recklinghausen* kaum halb so viel Salze als das Meerwasser. Schwefelsaure Salze fehlen gänzlich; dagegen kommt in ihr das in Mineralquellen seltene Chlorbaryum vor (0,81 in 10000 Th. Soole).

welche sie beim Füllen in Bouteillen aus der atmosphärischen Luft aufnehmen, reicht hin, das gelöste Eisenoxydulcarbonat als Eisenoxydhydrat gänzlich oder theilweise zu präcipitiren. Bekanntlich erfolgt diese Ausscheidung in sorgfältigst verschlossenen Bouteillen vollständig, wenn der absorbirte Sauerstoff zur Oxydation der ganzen Menge Eisenoxydul hinreicht. Wie hier das absorbirte Sauerstoffgas oxydirend wirkt, so wird umgekehrt das absorbirte Kohlenwasserstoffgas reducirend wirken, besonders wenn seine Menge im Meerwasser tiefer Meere bei weitem mehr beträgt, als in einem unter dem einfachen Luftdrucke stehenden Wasser. Sind nun auf dem Meeresboden leicht reducirbare Substanzen vorhanden: so sind sie der Reduction durch das absorbirte Kohlenwasserstoffgas unterworfen.

Das oben bemerkte Verschwinden der grauen Farbe im Mergel da, wo die Soole auf ihn eingewirkt hat, mag daher zum Theil auch von der Extraction des Eisen herrühren.

Nach Vaucher, Escher und Patrix[1]) hört man manchmal an heifsen Sommerabenden einen donnerähnlichen Schall am *Genfer-*, *Zürcher-* und *Baikalsee*, worauf nach Escher nach $^1/_2$ bis $^3/_4$ Minuten stets eine Luftblase von ungefähr 1 Fufs Durchmesser aus dem Wasser aufsteigt. Nicholson bemerkt hierbei, dafs selbst die wenige, aus dem Munde der Taucher aufsteigende Luft, wenn sie sich in 15 bis 20 Fufs Tiefe befinden, ein beträchtliches Getöse erregt. Ebenso habe ich ein solches Getöse in Bohrlöchern im *Ahrthale*, aus denen sich sehr bedeutende Massen von Kohlensäuregas entwickeln, wovon das Nähere S. 698, wahrgenommen.

Dafs diese Exhalationen Sumpfgas sind, ist wohl nicht zu bezweifeln, denn in Seen, deren Boden überladen ist von Baumstämmen und andern organischen Ueberresten, sind dieselben Bedingungen zur Entwicklung dieses Gases wie in Sümpfen gegeben. In 960 Fufs tiefen Seen[2]) herrscht ein Druck von 30 Atmosphären. Das Volumen einer kugel-

---

[1]) Neu-Gehler's physik. Wörterb. Bd. VIII. S. 740.

[2]) In dieser Tiefe bestimmte de Saussure noch die Temperatur des Wassers im *Genfer See*, ohne den Grund erreicht zu haben.

förmigen Luftblase von 1 Fufs ist = 0,52 Cubikfufs, in jener Tiefe schrumpft es bis auf 0,017 Cubikfufs und noch mehr zusammen, da in heifsen Sommerabenden dort die Temperatur viel niedriger als an der Oberfläche des See's ist. Steigen die Blasen mit gleichförmiger Geschwindigkeit auf: so sind nach meinen Versuchen (S. 683) 21 Minuten zu ihrem Aufsteigen aus 960 Fufs Seetiefe erforderlich; dies ist aber ein Maximum, denn die Geschwindigkeit ist eine beschleunigte.

J. Dumas [1]) fand, dafs das aus dem sogenannten knisternden Steinsalz von *Wieliczka* beim Auflösen im Wasser sich entwickelnde Gas brennbar ist. H. Rose [2]) untersuchte dieses Gas und fand, dafs es ein Gemeng aus Kohlenwasserstoffgas und Wasserstoffgas zu sein schien. Nach Bunsen [3]) besteht es aus:

Kohlenwasserstoffgas	84,60
Kohlensäuregas	2,58
Sauerstoffgas	2,00
Stickgas	10,35
	99,53

Das brennbare Gas ist im Knistersalz in einem stark comprimirten Zustande enthalten; denn Dumas und H. Rose fanden, dafs dieses Salz die Hälfte seines Volumens Gas lieferte. Verschiedene Stücke Salz gaben jedoch ungleiche Mengen Gas. Unter dem Mikroskope kann man keine Höhlungen im Salze wahrnehmen. Beim Auflösen des Salzes im Wasser werden die Lamellen desselben dünner; es bilden sich innerhalb derselben kleine Gasblasen, welche nach der Richtung der Blätter das Salz zersprengen (wodurch das Knistern bewirkt wird) und aus den entstandenen Spaltungen entweichen. Die klaren und durchsichtigen Stücke

---

[1]) Ann. de chim. et de phys. T. XLIII. p. 316.

[2]) Poggendorff's Ann. Bd. XLVIII. S. 353. — In den Strecken der Steinsalzgruben von *Wieliczka* sammelt sich das brennbare Grubengas nicht selten an den Firsten. Es macht sich manchmal durch ein prasselndes Geräusch bemerklich. Hrdina in Karsten's und von Dechen's Archiv für Mineralogie u. s. w. Bd. XVI. S. 797. Sollte sich vielleicht dieses Gas aus Knistersalz entwickeln, wenn dasselbe mit Wasser in Berührung kommt? —

[3]) A. a. O. S. 251.

des Knistersalzes verknistern beim Auflösen ebenso, wie die wolkigen undurchsichtigen.

Das Knistersalz scheint nicht blos eine Eigenthümlichkeit der Steinsalzgruben von *Wieliczka* zu sein; auch zu *Hallstadt* in *Oesterreich* kommt ein solches Knistersalz vor (Kap. XVIII).

Die Gegenwart des Kohlenwasserstoffgases in dem Knistersalz setzt die Gegenwart dieses Gases im Meerwasser, in welchem Steinsalz krystallisirte, voraus; denn es ist gewifs die wahrscheinlichste Annahme, dafs das Gas während der Bildung des Salzes aufgenommen wurde. Da dieses Salz die Hälfte seines Volumens Gas enthält: so müfste das Meerwasser, wenn es ebenso viel Kohlenwasserstoffgas absorbirt, als die Soole bei *Recklinghausen,* unter einem Drucke von mehr als 12 Atmosphären mit diesem Gase gesättigt gewesen sein, damit es jene Menge Gas dem krystallisirenden Knistersalze hätte zuführen können. Ein solcher Druck herrscht in einer Meerestiefe von mehr als 384 Fufs.

In Beziehung auf die Absorption von Gasen durch feste Körper zeigt das Chlornatrium einige Aehnlichkeit mit der Holzkohle, welche bekanntlich bis zum 90fachen ihres Volumens Gase schon unter dem einfachen Atmosphären-Drucke absorbiren kann: vom Doppeltkohlenwasserstoffgas (ölerzeugenden Gas) absorbirt sie z. B. das 35fache ihres Volumens. Weder bei der Kohle noch beim Chlornatrium ist es eine chemische Vereinigungskraft, welche diese Absorption bewirkt. Bei ersterer wie bei allen porösen Körpern beruht diese Eigenschaft auf der porösen Beschaffenheit; das Steinsalz gehört aber nicht zu diesen Körpern.

Wenn Meerwasser unter hohem hydrostatischen Drucke mit Kohlenwasserstoffgas und Chlornatrium gesättigt ist, und dieses zum Krystallisiren kommt: so mufs das Gas, da es unter diesem Drucke nicht entweichen kann, entweder bei dem verdrängten Meerwasser bleiben oder zwischen die Krystall-Molecüle in demselben comprimirten Zustande treten, in welchem es im Meerwasser enthalten war. Der letztere Fall findet wirklich statt; eine nothwendige Folge ist es daher, dafs das comprimirte Gas, wenn

die Wände, welche es einschliefsen, durch Lösung des Knistersalzes zerstört werden, entweicht; denn die entstehende Salzlösung kann nur ungefähr 4,06 Volumen-Procente Gas absorbiren.

Was von Kohlenwasserstoffgas gilt, hat auch Bezug auf die andern Gase, welche Bunsen in dem Knistersalz fand, da auch diese Gase vom Meerwasser in Absorption gehalten werden.

Kapitel XV.

Stein- und Braunkohlen und andere Zersetzungsproducte organischer Substanzen.

Nichts ist mehr geeignet, uns einen Begriff von den langen Zeiträumen geologischer Perioden zu machen, als eine Berechnung des Zeitraums, welcher erforderlich war, um durch die Vegetation solche ungeheure Quantitäten Kohlenstoff zu liefern, wie wir sie in der Steinkohlenformation finden.

Nach einer von meinem Freunde von Dechen mit grofser Sorgfalt angestellten Berechnung ist das Gewicht des zwischen der *Saar* und *Blies* gelegenen Theils der *Saarbrücker* Steinkohlen-Formation, so weit sie preufsisch ist, 90,8 Billionen Pfund, worin 72,6 Billionen Pfund Kohlenstoff enthalten sind[1]).

Wir setzen voraus:

1) Die Vegetation habe, der Quantität nach, in der Steinkohlen-Periode eben so viel betragen, wie heut zu Tage; es seien mithin auf gleichen Flächen damals, wie heute, gleiche Quantitäten Kohlenstoff aus der atmosphärischen Kohlensäure aufgenommen worden.

---

[1]) In einer von *Bettingen* nach *Tholey* gezogenen Linie kennt man 164 verschiedene über einander liegende Steinkohlen-Lager, welche zusammen eine Mächtigkeit von $338\frac{1}{2}$ Fufs besitzen. Diese Lager nehmen nach obiger Abgrenzung eine Fläche von 8,1 Quadratmeilen ein. Das Quantum von 72,6 Billionen Pfd. Kohlenstoff ist nahe $\frac{1}{41}$ des ganzen in der Atmosphäre enthaltenen Kohlenstoff und jene Fläche ist $\frac{1}{1148272}$ der Erdoberfläche. Wir überlassen es unseren Lesern, danach die Schätzungen der Menge des in unserer Erdkruste vorhandenen Kohlenstoff, und namentlich die Schätzung Liebig's (S. 620) zu beurtheilen.

2) Die Pflanzen, welche die Steinkohlen gebildet haben, seien auch auf demselben Flächenraume gewachsen, auf dem sich gegenwärtig ihre Reste finden. Im Folgenden werden wir sehen, dafs diese Voraussetzung die geringste Wahrscheinlichkeit hat.

3) Die sämmtlichen Pflanzen, welche auf der Fläche des Steinkohlen-Gebirges gewachsen sind, seien ohne irgend einen Verlust, als den nothwendigen bei der chemischen Umwandlung aus frischer Pflanzensubstanz in Steinkohle, zur Bildung der Lager verwendet worden.

Unter diesen Voraussetzungen berechnet sich ein Zeitraum von 1004177 Jahren, welche erforderlich waren, durch die Vegetation der in Rede stehenden Steinkohlen-Formation das nöthige Material zu ihrer Bildung zu liefern.

Sollte aus den beiden ersten Voraussetzungen geschlossen werden, dafs die Zeiträume der Steinkohlen-Bildung überschätzt worden seien: so zeigt die dritte das Gegentheil. Beides könnte sich leicht ausgleichen.

Chevandier[1]), welcher die mittlere jährliche Production von zwei Buchen-Hochwäldern auf buntem Sandsteine, nach einem 63jährigen Durchschnitte, ermittelte, berechnete daraus, dafs die Vegetation unserer Wälder in 100 Jahren so viel Kohlenstoff liefert, um eine Schicht Steinkohle von 16 Millimeter = 7 par. Lin. auf der Oberfläche des Bodens zu erzeugen. Berechnet man danach den Zeitraum, der zur Bildung der *Saarbrücker* Steinkohlen-Formation erforderlich war: so finden sich 672788 Jahre; mithin $^2/_3$ von dem oben gefundenen Resultate.

Chevandier fand ferner, dafs die Menge des freien Wasserstoff im Holze (unabhängig vom Wasser oder von seinen Elementen) 0,0144 von der des Kohlenstoff beträgt. Wenn dieser Wasserstoff nur von Wasser herrührt, welches durch die Vegetation zersetzt wird: so findet sich, dafs sich die Menge des dadurch frei werdenden Sauer-

[1]) Compt. rend. 1844. No. 3 und No. 5. Chevandier berechnete, dafs ein Wald, wenn er auf Kosten der auf ihm ruhenden Kohlensäure-Säule vegetiren soll, in 9 Jahren allen darin enthaltenen Kohlenstoff erschöpfen würde. Auch dies zeigt, dafs der atmosphärische Kohlenstoff gegen den in der Erdkruste vorhandenen verschwindet.

stoff zu der, welche durch Zersetzung der Kohlensäure frei wird, verhält, wie 0,115 : 2,66. Hieraus würde sich ergeben, dafs die Menge des Sauerstoff, welche ein Wald durch Zerlegung des Wassers der Atmosphäre zuführt, nahe $\frac{1}{23}$ von der beträgt, welche ihr durch Zerlegung der Kohlensäure zugeführt wird. Man sieht, dafs ein nicht unbedeutender Theil des atmosphärischen Sauerstoff (S. 620) von zersetztem Wasser herrührt.

Nichts kann uns mehr überzeugen, wie die Natur durch geringe Mittel Grofses erreichen kann, als die Zerlegung der atmosphärischen Kohlensäure durch die Pflanzen. Bedenkt man, dafs es die geringe Menge von $\frac{1}{2500}$ Kohlensäure in der Atmosphäre ist, wovon alljährlich ein kleiner Bruchtheil zersetzt, und dessen Abgang immer wieder durch andere Processe ersetzt wird, und dafs wiederum der Bruchtheil Kohlenstoff in dieser Kohlensäure es ist, welcher nach und nach unsere sedimentären Formationen mit kohlenstoffhaltigen Substanzen getränkt hat: so kann uns nicht leicht irgend eine grofsartige Wirkung in der Natur in Erstaunen versetzen, wenn wir für sie gleichfalls nur einen, mit geringen Mitteln wirkenden Procefs finden.

Zu den obigen langen Zeiträumen kommen noch diejenigen, welche zur Umwandlung der abgestorbenen Pflanzen in Steinkohle erforderlich waren. In den liegenden Lagern des vegetabilischen Detritus würde zwar die Steinkohlenbildung schon begonnen haben, als auf denselben immer wieder neue Vegetationen Platz gegriffen hatten; die sedimentären Bildungen der mit den Steinkohlenflötzen wechselnden Gesteinlager forderten aber gleichfalls lange Zeiträume; denn das hiezu nöthige Material mufste durch die Flüsse herbeigeführt werden. Die ganze Mächtigkeit der Steinkohlenformation bei *Saarbrücken* ist 20000 Fufs; zieht man davon die Mächtigkeit der sämmtlichen dortigen Steinkohlenflötze = 338 Fufs ab, so ergibt sich für die Gesteinlager eine Mächtigkeit von 19662 Fufs. Es ist selbstredend, dafs die sedimentäre Bildung einer solchen Gesteinmasse noch ungleich längere Zeiträume erfordert haben mufs, als durch obige Berechnungen gefunden worden sind, und um so längere, da die Bildung des vorwaltenden Schieferthon aus den feinsten schweben-

den Theilen nur aufserordentlich langsam von Statten gehen konnte.

Anders gestaltet sich die Sache, wenn der vegetabilische Detritus mit dem mineralischen durch die Flüsse herbeigeführt worden sein sollte. Dann würde das Material zur Steinkohlenbildung nicht auf dem verhältnifsmäfsig kleinen Areal des Steinkohlen-Gebirges, sondern in der ganzen Ausdehnung der Flufsgebiete, welche in das einstige, jetzt mit Kohlenflötzen erfüllte Bassin gemündet hatten, zu suchen sein. In diesem Falle würden die Zeiträume, welche zum Wachsthum, der auf jenem Areal gewachsenen und in Steinkohlen umgewandelten Vegetabilien erforderlich sind, bedeutend geringer werden.

Steinkohlen sind unter günstigen Umständen in allen sedimentären Formationen zu erwarten, welche überhaupt organische Ueberreste enthalten. Es gibt aber nur eine Formation, welche überall übereinstimmende oder wenigstens sehr ähnliche geognostische Verhältnisse zeigt und am reichsten an Steinkohlenflötzen ist: es ist dies die alte, unmittelbar auf das Uebergangsgebirge folgende Formation.

Der Ursprung der Stein- und Braunkohlen aus Pflanzensubstanzen ist durch das Vorkommen vegetabilischer Ueberreste in denselben eine so vollkommen constatirte Thatsache, dafs jeder weitere Beweis überflüssig erscheint. Es sind vorzugsweise die Stämme der Stigmarien, Sigillarien, Lepidodendreen und Calamiten, welche die Masse der Steinkohlenflötze bilden, und deren mehr oder minder vollständig erhaltene Rinde meist mit blofsen Augen schon an den charakteristischen Blattnarben erkennbar ist. Der faserige Anthrazit oder die mineralische Holzkohle, welche in Schichten von 1/4 bis 1/2 Zoll jede wahre Steinkohle älterer Formation begleitet, zeigt unter dem Mikroskope die wohl erhaltene Structur der Araucarien. Aufserdem kommen noch Calamiten, sehr selten dagegen die übrigen Stämme in dem Zustande der Faserkohle vor. Mit Unrecht hat man den Farren einen bedeutenden Antheil an der Steinkohlenbildung zugeschrieben [1]).

---

[1]) Göppert in Poggendorff's Ann. Bd. LXXXVI. S. 482. Durch anatomische Untersuchung läfst sich nur bei wenigen Stein-

Dafs die Umwandlung der Pflanzensubstanzen in Stein- und Braunkohlen auf nassem Wege von Statten gegangen ist, ist unzweifelhaft.

Vergleicht man die ungeheuern Quantitäten Steinkohlen in der alten Steinkohlen-Formation mit denen, welche in den jüngeren sedimentären Formationen abgesetzt wurden: so erscheinen die letzteren als unbedeutend. Berücksichtigt man auf der anderen Seite, dafs, nach der Erhebung der jüngeren Formationen über das Meer, die Ausdehnung der Continente beständig zunahm und mit ihr gleichfalls die Vegetation: so mufs man fragen, wo sind die Ueberreste dieser zahllos wiederholten Vegetationen zu suchen? Da die Ueberreste der vor der Steinkohlen-Formation gewachsenen Pflanzen in dieser gefunden werden: so haben wir keinen genügenden Grund zu der Annahme, dafs die in späteren Perioden gewachsenen Pflanzen vollkommen zersetzt worden sein sollten. Es sind zwei Umstände, welche Licht auf den Verbrauch der Pflanzen dieser Periode werfen: erstens die bedeutenden Mengen bituminöser Substanzen in vielen sedimentären Gesteinen; zweitens die Erscheinung und aufserordentliche Vermehrung von gigantischen Thieren, deren Ueberreste wir in den jüngeren Formationen finden.

Verschiedene Gesteine, Schiefer und Kalksteine, enthalten häufig sehr bedeutende Quantitäten bituminöser Substanzen, welche 10 % und noch mehr betragen. Ihre Mächtigkeit ist nicht selten so grofs, dafs bedeutende Kohlenmassen entstehen könnten, wenn man sich diese

---

kohlen die Abstammung aus dem Pflanzenreiche nachweisen. Göppert, dem wir viele schätzenswerthe Untersuchungen über Steinkohlen verdanken, und Link erkannten indefs nicht blos in jüngeren, sondern selbst in älteren Steinkohlen hier und da organische Structur. Lyell und Witham wiesen wirkliche Ueberreste von Coniferen in Steinkohlen nach. Bei einigen Varietäten der Braunkohle (bituminöses Holz, Lignit u. s. w.) ist die Holztextur bis in die kleinsten Theile so erhalten, dafs man noch die Art des Baumes bestimmen kann. In der Regel sind jedoch selbst in der Braunkohle mit Holztextur die Veränderungen so weit fortgeschritten, dafs kaum mehr als einige Elementartheile zu unterscheiden sind. Unger Geschichte der Pflanzenwelt. 1852. S. 82.

Substanzen aus dem Gesteine in Flötze abgesondert und in Steinkohle umgewandelt denkt. Die bituminösen Substanzen in Schiefern sind, wie diese, mechanische Absätze: die Theilchen organischer Substanzen, aus denen sie entstanden sind, waren daher mit den unorganischen Stoffen im Wasser, aus welchem sie sich abgesetzt haben, suspendirt [1]). Das Bitumen in manchen Kalksteinen, welche durch die organische Thätigkeit der Thiere oder Pflanzen entstanden sind, ist sehr bedeutend. Da nun die Kalksteine von der alten Steinkohlen-Formation bis zur Kreide einschliefslich immerfort zuzunehmen scheinen: so sind diejenigen Pflanzen, welche zur Fällung des kohlensauren Kalk verwendet wurden, der Kohlenbildung entzogen worden.

Riesenmäfsige Thiere verbrauchten grofse Quantitäten von Pflanzen, gleichviel ob sie Pflanzen- oder Fleischfresser waren; denn das Futter der letzteren stammt gleichfalls vom Pflanzenreiche ab. Ihre stickstoffhaltigen Excremente wurden nicht in Kohle, sondern in bituminöse Substanzen umgewandelt, und diese finden sich auch in den Gesteinen, in denen ihre Ueberreste vorkommen.

Die Koprolithen [2]), welche im Kohlensandstein, im Lias, Oolith, Hastingssand, Grünsand, Kreidemergel und in der Kreide, sowie im *Mastrichter* Gestein, im *London*-Thon, in den Süfswasserbildungen von *Aix* und endlich so deutlich in vielen Knochenhöhlen gefunden werden, ihr Vorkommen im Lias von *Bath-Easton* und von *Broadway-Hill* bei *Evesham*, in einer Schicht von einer mehrere Meilen betragenden Ausdehnung, deren Masse an einigen Punkten bis zum vierten Theile aus Koprolithen besteht, zeigen, welche geologische Bedeutung diese Ueberreste vorhistorischer Excremente haben. Aufser früheren qualitativen Analysen von Wollaston und Prout, besitzen wir neuere quantitative Analysen von Koprolithen.

---

[1]) Wir erinnern an die bedeutende Menge von organischen Ueberresten im Wasser der *Weichsel*. (S. 267).

[2]) Buckland in Poggendorff's Ann. Bd. XXI. S. 336 ff.

	I.	II.	III.	IV.
Phosphors. Kalk	39,60	70,90	15,86	60,8
„ Magnesia		Spur	—	—
„ Eisenoxyd	—	6,90	9,20	4,1
„ Thonerde	—	1,60	4,71	—
Harns. Ammoniak und Kalk	3,00	—	—	—
Kohlens. Kalk	34,77	10,28	39,50	23,7
„ Magnesia	—	Spur	0,50	—
Schwefels. Kalk	1,75	Spur	—	1,8
„ Magnesia		—	—	—
Fluorcalcium	—	0,61	1,70	—
Chlornatrium	0,50	Spur	—	—
Kieselsäure	—	5,79	10,60	1,6
Thonerde	—	—	6,20	—
Eisenoxyd	—	—	—	2,0
Manganoxyd	—	Spur	—	—
Org. Stoffe und Wasser	7,30	4,00	11,60	6,1
Sandsteintheile	13,09	—	—	—
	100,01	100,08	99,87	100,1

I. aus dem Sandstein im Flufsthale des *Connecticut*, nach Dana[1]).

II. von der Küste von *Suffolk*, nach Th. J. Herapath[2]).

III. ebendaher, nach demselben.

IV. aus dem Lias von *Lyme Regis*, enthielt Fischüberreste, nach demselben.

Man sieht, die phosphorsauren Salze und der kohlensaure Kalk, welche als Hauptbestandtheile zu betrachten sind, kommen in den Koprolithen in sehr veränderlichen Verhältnissen vor, welches ohne Zweifel die Folge späterer Veränderungen ist. Sie erhielten sich so lange, weil sie die Excremente von Knochen fressenden Thieren sind, und daher grofsentheils aus unorganischen Substanzen bestehen. Die Excremente der Pflanzenfresser konnten aber der Zerstörung nicht widerstehen, und diese haben unzweifelhaft zur Bildung bituminöser Substanzen beigetragen. Wären die nur unbedeutende Mengen unorganischer Substanzen haltenden Excremente der riesenhaften Thiere der Vorzeit in Kohle umgewandelt oder versteinert wor-

[1]) Jahrb. f. Mineral. u. s. w. 1847. S. 729.

[2]) Chem. Gaz. 1849. S. 449.

den: so würden gewifs auch sie in grofsen Massen in sedimentären Gesteinen gefunden werden. Neuere Analysen von Koprolithen fügen wir hinzu.

Nach Reufs[1]) finden sich in einem bituminösen Schiefer, der bei *Oberlangenau* in der Nähe von *Starkenbach* im nordöstlichen *Böhmen* ein mächtiges Lager im Rothliegenden bildet, Ichthyokoprolithen als innerste Kerne nufs- bis apfelgrofser abgeplatteter Concretionen. Sie bestehen aus einer schwarzen, pechähnlich glänzenden, einen gewissen Grad von Weichheit besitzenden Substanz, die sich an der Lichtflamme leicht entzündet, schmilzt, sich aufbläht und mit rufsender Flamme und unangenehmem Geruch zu einer bräunlichen schaumigen Masse verbrennt. Die Koprolithen in jenen Concretionen sind zunächst mit einer dünnen Rinde von Kalkspathkrystallen umgeben, dann mit einer graubraunen oder gelblichbraunen compakten dichten Masse. Nach Stanek und Payr ist die Zusammensetzung dieser Koprolithen:

Organische Bestandtheile	74	Unorganische Bestandtheile	26
Darin Kohlenstoff . .	61,7	Darin Phosphorsäure . .	6.4
Wasserstoff . .	7,0		
Stickstoff . . .	1,6		

Der schwarzbraune oder dunkel holzbraune bituminöse Schiefer enthält unter Anderem Eisenkies und auf den Ablösungsflächen Vivianitkrystalle; er bleicht und blättert bei längerer Einwirkung der atmosphärischen Luft; riecht beim Reiben unangenehm und brennt, auf dem Platinblech erhitzt, mit heller rufsender Flamme unter Entwickelung eines widerlichen, thranigen Geruchs. Sein Gehalt an organischen Theilen ist nicht gleichmäfsig, aber stets bedeutend. Nach einem Versuch enthält er:

Organische Bestandtheile	31 bis 37	Unorganische Besandth.	63 bis 69
Darin Kohlenstoff . .	24,8	Darin Phosphorsäure .	3
Wasserstoff . .	2,9		
Stickstoff . . .	5,1		

Nach E. Wolff[2]) enthalten die Koprolithen aus einem

---

[1]) Wiener Akad.-Ber. Bd. XVIII. S. 124.

[2]) Jahresb. 1856. S. 907. — Bei dieser und den folgenden Analysen beschränken wir uns auf die Angabe des Gehaltes an phosphorsauren Salzen und organischer Substanz; denn Concretionen, in

1 bis mehrere Zoll mächtigen und ziemlich ausgedehnten Lager bei *Rothenburg* an der *Tauber* 55,8 % dreibasisch-phosphorsauren Kalk. Eine Concretion aus einem bituminösen Braunkohlen-Letten bei *Roth* im *Rhoengebirge* enthält nach Hassenkamp[1]) phosphorsauren Kalk 45,58; phosphorsaure Magnesia 2,04; phosphorsaures Eisenoxyd 27,71; 3,334 organische Säure.

Concretionen, die sich, von der Dicke eines Sandkorns bis zu der einer Faust wechselnd, in der Kreide bei *Rethel* in Frankreich finden und der Form nach den Koprolithen nahe stehen sollen, enthalten nach Meugy[2]) 21,29 Phosphorsäure.

In den tertiären Formationen stofsen wir wieder auf bedeutende Kohlenmassen, aber Kalksteine fehlen gröfstentheils oder treten wenigstens nur untergeordnet auf; die Abscheidung des kohlensauren Kalk in dieser Periode war daher unbedeutend. Da nur die Wasserpflanzen die Fähigkeit besitzen, bedeutende Quantitäten von diesem Carbonat abzusondern: so konnten die Landpflanzen, welche hauptsächlich zur Bildung der Braunkohlen beigetragen haben, nur geringes Material für die Bildung bituminöser Kalklager liefern. Blos die Baumstämme, welche durch kohlensauren Kalk versteinert wurden, entzogen Material der Braunkohlen-Bildung, in sofern als bei weitem der gröfste Theil ihrer organischen Bestandtheile in wässriger Lösung fortgeführt wurde. Die Ueberreste grofser Säugethiere in den tertiären Formationen zeigen, dafs auch durch sie bedeutende Quantitäten vegetabilischer Substanzen der Kohlenbildung in dieser Periode entzogen wurden.

Die Hauptmasse der Steinkohlen ist in allen Auflösungsmitteln unauflöslich. Aether und Schwefelkohlenstoff ziehen manchmal einen harzartigen Körper aus. Sie enthalten Wasser, die dichten weniger als die erdigen. Im luftleeren Raume und etwas über 80° R. verlieren sie dieses Wasser nach Regnault. Der Stickstoffgehalt der Stein-

denen diese Bestandtheile in bedeutender Menge vorkommen, sind zu den Koprolithen zu zählen.

[1]) Jahrb. für Mineral. 1856. S. 422.

[2]) Compt. rend. T. XLIII. p. 755.

kohlen zeigt sich in den mehr oder weniger starken Spuren von Ammoniak bei der trocknen Destillation oder beim Erhitzen mit Kali. Unabhängig vom Eisenkies enthalten sie Schwefel. Die Braunkohlen enthalten in der Regel viel mehr Wasser als die Steinkohlen, und gleichfalls unabhängig vom Eisenkies Schwefel. Manche Braunkohlen werden, nach Marx, fast ganz von Alkalien aufgelöst.

Braunkohlen und Steinkohlen unterscheiden sich, nach P. Kremers[1]), chemisch darin dafs erstere stets durch trockene Destillation Essigsäure und essigsaures Ammoniak liefern, letztere dagegen eine ammoniakalische Reaction zeigen. Da nun bei der trocknen Destillation des Holzes die Holzfaser wesentlich die Bildung von Essigsäure veranlafst: so würde dies beweisen, dafs die Braunkohlen noch unversehrte Holzfaser, die Steinkohlen dagegen keine enthielten, wenn nicht auch die Humin-Substanzen Essigsäure bei der trocknen Destillation lieferten.

Wir besitzen eine grofse Zahl von Analysen von Stein- und Braunkohlen. In der ersten Auflage[2]) finden sich die Resultate bei weitem der meisten derselben unter Angabe des Maximum und Minimum der Bestandtheile und der mittleren Zusammensetzung. Die organischen Bestandtheile sind, nach Abzug der erdigen, in Procenten angegeben.

Aus diesen Analysen ergibt sich, dafs zwischen der Zusammensetzung der Steinkohlen der alten und der jüngeren Steinkohlen-Formationen kein bedeutender Unterschied stattfindet. Die Maxima und Minima der organischen Bestandtheile würden ohne Zweifel nicht so weit aus einander stehen, wenn nicht so viele Fehlerquellen in der Methode der Analyse lägen. Die grofsen Differenzen zwischen den Sauerstoff-Quantitäten, welche nur die in der ersten Auflage S. 1760 angeführte Ursache haben können, beweisen dies. Die sehr nahe Uebereinstimmung in der Zusammensetzung einiger Steinkohlen, obgleich die Quantitäten der erdigen Bestandtheile sehr verschieden sind, ist sehr interessant; denn sie zeigt, dafs unter übrigens glei-

[1]) Poggendorff's Ann. Bd. LXXXIV. S. 77.
[2]) Bd. II. S. 1760 ff.

chen Umständen die Umwandlung der Pflanzensubstanzen in Steinkohle auf gleiche Weise erfolgte, mögen sich ihnen viel oder wenig erdige Theile beigemengt haben.

Die Zusammensetzung der Braunkohlen weicht von der der Steinkohlen darin ab, dafs in jenen der Kohlenstoff bedeutend weniger, und der Sauerstoff bedeutend mehr als in diesen beträgt. Das Maximum des Kohlenstoff in den Braunkohlen erreicht noch nicht das Minimum desselben in den Steinkohlen, und das Minimum des Sauerstoff in jenen ist noch etwas gröfser, als das Maximum desselben in diesen. In den unvollkommenen Braunkohlen, welche noch Holztextur zeigen, nimmt der Kohlenstoff noch mehr ab, und der Sauerstoff noch mehr zu. Ihre Zusammensetzung nähert sich also immer mehr der des grünen Holzes.

Aus Casselmanns[1]) Analysen der Lignite auf dem *Westerwald* ergibt sich eine grofse Regelmäfsigkeit sowohl in der Summe von Kohlenstoff und Asche, als auch in dem Quotienten des Wasserstoff in den Kohlenstoff. Sie findet bei allen Ligniten und Pseudoligniten und bei denjenigen Conglomeraten statt, deren Asche nicht einen sehr bedeutenden Betrag (über 15%) erreicht.

Diese Regelmäfsigkeit deutet darauf hin, dafs die Vermoderung des Holzes, aus welchem die dortigen Braunkohlen entstanden, unter denselben Bedingungen vor sich ging, sowie, dafs ein bestimmter Zusammenhang zwischen diesem Processe und der Aufnahme von unorganischen Substanzen statt hatte.

Die Zusammensetzung der Stangen- und Glanzkohlen vom *Meifsner* kommt mit der mancher Steinkohlen vollkommen überein: dagegen fällt die der Glanzkohle vom *Hirschberg* zwischen die der Steinkohlen und der Braunkohlen. Da an beiden Orten die Stangen- und Glanzkohle in Berührung mit Basalt vorkommt: so hält man sie für durch Hitze umgewandelte Braunkohlen [2]).

Da nach v. Kobell's Untersuchungen (S. 654) alle scharf gebrannten Kohlen sehr gute Leiter der Elektricität

---

[1]) Jahrbücher des Vereins für Naturkunde im Herzogthum *Nassau*. 1853. H. IX. S. 49 ff.

[2]) v. Leonhard die Basalt-Gebilde. Abth. II. S. 286 u. s. w.

sind, diese Stangenkohle aber die Elektricität nicht leitet: so ist es im höchsten Grade unwahrscheinlich, dafs der Basalt mit ihr in feuerflüssigem Zustande in Berührung gekommen sei. War er ein vulkanisches Gebilde: so konnte er nur in ziemlich erkaltetem Zustande auf die Kohle gelagert worden sein.

Nach Casselmann[1]) zeigen auf dem *Westerwalde*, wo die Braunkohlenlager von Basalt durchbrochen erscheinen, die demselben am nächsten liegenden keine andere Beschaffenheit, als die davon entfernt vorkommenden: alle zeigen mehr oder weniger Holzstructur. Niemals können daher die ersteren einer starken Hitze ausgesetzt gewesen sein, und ebenso wenig kann der dortige Basalt mit den Braunkohlen in feuerflüssigem Zustande in Berührung gekommen sein. Zu demselben Schlusse sind Grandjean und ich bei einer Besichtigung der dortigen Verhältnisse gekommen.

Von den Stein- und Braunkohlen unterscheiden sich die in Erdharz übergehenden Lignite und der Asphalt wesentlich durch ihren grofsen Wasserstoffgehalt.

Karsten[2]) und Regnault fanden, dafs die Asche der Steinkohlen selten beträchtliche Mengen von Kalk enthalten; spätere Analysen bestätigten dies. Die Asche der

---

[1]) A. a. O.

[2]) In der Asche der Steinkohlen von *Wettin* und *Löbejün* fand Karsten (Untersuchungen über die kohligen Substanzen des Mineralreichs, 1826, S. 171) 24,3 bis 26,4 % Kalkerde, zum Theil mit Kohlensäure verbunden. Kalklager sind im Hangenden der dortigen Steinkohlen-Flötze. In Klüften dieser Steinkohlen kommen Eisenkies, Kupferkies, Bleiglanz, Blende, Quarz, Kalkspath und Barytspath vor. — In den auf der Schichtungs-Ebene senkrecht oder fast senkrecht stehenden Klüften in dem Kohlengebirge *Saarbrücken's* findet sich häufig Dolomit. — In der Steinkohlen-Formation bei *Minden* kommt in den Klüften eine, aus den Carbonaten von Kalk. Eisenoxydul, Magnesia und Manganoxydul bestehende Masse vor, welche wenigstens $^1/_3$ der ganzen Kohlenmasse ausmacht.

Die Frage, ob die Steinkohlen Carbonate enthalten oder nicht, kann begreiflicher Weise nicht durch Untersuchung der Aschen, sondern nur durch Behandlung der Kohlen mit Säuren beantwortet werden. Diese Prüfung ist aber nur in seltenen Fällen vorgenommen worden.

von Richardson analysirten Steinkohlen brauste nicht im mindesten mit Säuren, sie enthielt auch keine Spur von Schwefelsäure. Die Steinkohlen-Asche besteht meist aus sehr fein zertheilten, in der ganzen Masse verbreiteten thonartigen Theilen, welche Wasser enthalten, das erst in der Rothglühhitze fortgetrieben wird. Ist die Asche sehr eisenhaltig: so halten die Steinkohlen meist viel Eisenkies. Vaux fand in denselben häufig Spuren von Kupfer und Blei, und Daubrée[1]) Arsenik und Antimon. J. A. Phillips[2]) konnte dagegen in 16 von ihm untersuchten Steinkohlen-Sorten keine Spur von Kupfer und Blei finden.

Baer[3]) fand in den Aschen der von ihm untersuchten Steinkohlen als Hauptbestandtheile: Eisenoxyd, Thonerde, Kalk, Kieselsäure, Schwefelsäure und Schwefel. In weit geringerer Menge fand er Baryt (nur in den *Schlesischen* Steinkohlen) Magnesia, Chlor und Phosphorsäure. In den Aschen, in denen der Gehalt an Eisenoxyd geringer war, überwog ihn die Thonerde; in anderen kamen beide einander nahe. Beim Uebergiefsen mit Salzsäure entwickelte sich mehr oder weniger Schwefelwasserstoffgas.

Genauere Untersuchungen der erdigen Bestandtheile der Stein- und Braunkohlen verdanken wir Kremers[4]). Er wählte hierzu vorzugsweise solche, in denen unterm Mikroskop noch deutliche Pflanzenzellen oder Holzstructur zu erkennen waren[5]).

---

[1]) Compt. rend. T. XXVII. p. 827.

[2]) Chem. Soc. Quat. Journ. T. II. p. 1.

[3]) Archiv der Pharmacie. 2. R. Bd. LXI. S. 3 u. Bd. LXIII. S. 129.

[4]) A. a. O.

[5]) Ehrenberg konnte in der Steinkohlen-Asche keine Spur von kieselschaligen Infusorien finden. Journ. für pract. Chemie. Bd. XXXIV. S. 63.

	I.	II a.	II b.	III.	IV.	V.
Kieselsäure . .	15,48	45,13	60,23	31,30	1,70	3,12
Thonerde . . .	5,28	22,47	31,63	8,31	2,12	29,50
Eisenoxyd . . .	74,02	25,83	6,36	54,47	60,79	32,78
Kalkerde . . .	2,26	2,80	1,08	3,44	19,22	20,56
Magnesia . . .	0,26	0,52	0,35	1,60	5,03	2,16
Kali	0,53	0,60	0,11	0,07	0,35	0,99
Natron	—	0,28	—	0,29	0,08	1,72
Schwefels. Kalk .	2,17	2,37	0,24	0,52	10,71	9,17
Unmitt. Resultat	101,53	100,60	98,37	98,95	99,30	100,00 [1]
Asche nach Proc.	1,99	1,89	1,74	11,18	3,06	1,16

I. Glanzkohle von *Oberndorf* bei *Zwickau* von homogener Beschaffenheit.

II. Steinkohle von *Zwickau*, bestehend aus abwechselnden Schichten:

a) einer compacteren Glanzkohle;

b) einer lockeren Rufskohle.

III. Steinkohle von *Waldenburg*.

IV. Steinkohle aus der Steinkohlen-Formation an der *Inde*.

V. Braunkohle von *Artern*.

Von der bisher vermifsten, ursprünglich aber gewifs vorhandenen Phosphorsäure fanden sich nur geringe Spuren und von den Alkalien die angeführten geringen Mengen.

Kremers folgert aus diesen Analysen, dafs die unorganischen Bestandtheile, welche ursprünglich in den vegetabilischen Substanzen, aus denen sich die Stein- und Braunkohlen gebildet hatten, vorhanden waren, durch andere ersetzt worden sind.

Von Kohlen, welche so bedeutende Quantitäten Kalk enthalten, wie IV und V, ist zu vermuthen, dafs sie aus Wasserpflanzen entstanden sind.

H. Taylor [2]) lieferte schätzenswerthe Analysen der erdigen Bestandtheile der Steinkohlen und der mit ihnen wechselnden Thon- und Schieferthon-Schichten aus der Steinkohlen-Formation von *Newcastle*. In nachstehender Ordnung folgen vom Liegenden zum Hangenden die Schichten auf einander.

---

[1]) Diese Werthe wurden durch directe Bestimmung erhalten.

[2]) Edinb. new Philos. Journ. Vol. L. p. 140.

	I.	II.	III.	IV.	V.
Kieselsäure	62,44	59,56	64,21	56,51	58,99
Thonerde	31,22	12,19	28,78	31,89	26,19
Eisenoxyd	2,26	15,96	2,27	—	5,14
Eisenoxydul . . .	—	—	—	7,04	5,11
Kalk	0,75	9,99	1,34	1,69	0,67
Magnesia	0,85	1,13	1,12	0,85	1,54
Kali	2,48	1,17	2,28	1,38	2,34
Natron	—	—	—	0,61	—
	100,00	100,00	100,00	99,97	99,98

I. Feuerbeständiger Thon, gewöhnlich das unmittelbare Liegende des Kohlenflötzes, nach Abzug von 10,5% Wasser und von 0,44 Chlornatrium und schwefelsaurem Natron.

II. Asche der guten Kohle (1,36%) nach Abzug von 8,2% Schwefelsäure.

III. Asche der unreinen Kohle (16,9%) nach Abzug der Schwefelsäure.

IV. Bituminöser Schieferthon, nach Abzug von 39,35% organischer Bestandtheile.

V. Bläulicher Schieferthon, nach Abzug von 11% Wasser.

Die gänzliche Abweichung der erdigen Bestandtheile der Steinkohlen II und III von denen der Pflanzen, und ihre nahe Uebereinstimmung mit denen der sie einschließenden Thon- und Schieferthon-Schichten I, IV und V, zeigt, daſs jene wie diese sedimentäre Bildungen sind. Die Zusammensetzung der erdigen Bestandtheile dieser Steinkohlen weicht nicht mehr von der der Thon- und Schiefer-Schichten ab, als diese unter sich von einander abweichen; nur der Gehalt an Eisenoxyd und Kalkerde tritt in II sehr hervor. Auch Kremers Analysen zeigen einen meist überaus vorherrschenden Eisengehalt. Wie indeſs in den Mineralien (Augit, Hornblende u. s. w.) und in den krystallinischen und sedimentären Gebirgsarten, so vertreten sich auch Eisenoxyd und Thonerde gegenseitig in den erdigen Bestandtheilen der Steinkohlen. Steigt der Eisengehalt: so sinkt der Thonerdegehalt, und umgekehrt.

Die Aehnlichkeit in der Zusammensetzung der erdigen Bestandtheile der Steinkohlen und der mit ihnen wechselnden Schichten finden wir auch in Kremers Ana-

lysen. Die Zusammensetzung von II *b*. gleicht vollkommen der des feuerbeständigen Thon und des Schieferthon. Die übrigen Aschen weichen indefs von den bis jetzt analysirten sedimentären Gebirgsarten im hohen Grade ab. Es ist daher sehr wünschenswerth, dafs Kremers seine sorgfältigen Untersuchungen auf die Schichten ausdehnen möchte, welche mit den Steinkohlen, deren Aschen er analysirte, alterniren.

Da die Zusammensetzung der organischen Bestandtheile des bituminösen Schieferthon IV mit der der Steinkohlen sehr nahe übereinstimmt, da sich jener von diesen nur durch den überwiegend gröfseren Gehalt an Asche unterscheidet: so schliefst Taylor, dafs sich beide unter gleichen Umständen (wir möchten lieber sagen, aus gleichem aber in ungleichen Verhältnissen gegebenem Material) gebildet haben.

Die Resultate aus Kremers und Taylor's Untersuchungen lassen sich nur aus einer innigen Mengung der vegetabilischen mit den erdigen Substanzen erklären. Diese innige Mengung kann stattgefunden haben, wenn Pflanzen, wie die Calamiten, so porös waren, dafs die im Meere suspendirten erdigen Theile in ihre Zellen dringen konnten, oder wenn die Pflanzen vorher durch Vermoderung in feine Theile zertheilt worden waren. Steinkohlen, die sich auf erstere Weise gebildet haben, können noch deutliche Pflanzenzellen oder Holzstructur zeigen, aber diese Structur dürften selbst die auf letzterem Wege gebildeten Steinkohlen ebenso noch wahrnehmen lassen, wie in vermoderten Holztheilchen. Dichte Holzarten gestatten zwar das Eindringen der Gewässer und mithin den Absatz der darin gelösten Substanzen in ihrem Innern; die in Gewässern suspendirten Theile konnten aber erst nach der Zerstörung des Holzes dahin gelangen. Steinkohlen, in denen sich, wie in den eben angeführten, die Bestandtheile des mit ihnen alternirenden Schieferthon finden, können daher nicht aus dichten Holzarten, ohne vorhergegangene Vermoderung entstanden sein. Dasselbe gilt auch von den Nestern von Schieferthon, Sandstein oder Hornstein, welche sich bisweilen mitten in den Kohlenflötzen finden.

Casselmann untersuchte von zwei Stücken von vollkommen erhaltenen Stämmen zwei scharf abgegrenzte Theile, wovon der eine Theil die äufsere Beschaffenheit der Pseudolignite, der andere die der hellen Lignite zeigte. Beide waren denselben Bedingungen der Vermoderung ausgesetzt. Die gröfsere Härte und Sprödigkeit des pseudolignitischen Theiles ist lediglich die Folge von infiltrirten unorganischen Substanzen.

I. Die Zusammensetzung des lignitischen Theiles, I *a*. die des pseudolignitischen Theiles in dem einen Stamm.

II. Die Zusammensetzung des lingnitischen Theils, II *a*. die des pseudolignitischen Theils in dem andern Stamm.

	I.	I a.	II.	II a.
Kohlenstoff	71,06	64,96	68,36	68,03
Wasserstoff	6,44	4,72	5,72	4,93
Sauerstoff und Stickstoff . . .	22,50	30,32	25,92	27,04
	100,00	100,00	100,00	100,00
Asche	1,21	12,68	1,67	5,26

In I *a*. haben sich Kohlenstoff und Wasserstoff in gröfserer Menge vermindert als in I, welches von dem Gyps herzurühren scheint, der von Gewässern in den pseudolignitischen, nicht aber in den lignitischen Theil eingeführt wurde. Ein Theil dieses Gyps scheint nämlich durch entsprechende Mengen Kohlenstoff und Wasserstoff zu Schwefelcalcium reducirt, und dieses durch aufgelöstes kohlensaures Eisenoxydul in kohlensaure Kalkerde und Schwefeleisen zersetzt worden zu sein. Die beiden letzteren sind, neben dem übrigen Gyps wirklich in der Kohle vorhanden, wenn nicht das Schwefeleisen einer Verwitterung unterlag.

In II *a*. tritt die pseudolignitische Beschaffenheit nicht so sehr hervor als in II, welches auch der geringeren Differenz im Aschen- und Wasserstoffgehalte entspricht, der hier vorzugsweise als Reductionsmittel wirkte.

Mein Sohn, Dr. Carl Bischof, benutzte die Gelegenheit, eine Suite von Handstücken sogenannter versteinerter Kohlen aus der Steinkohlen-Formation von *Saarbrücken*, welche Carl Sello daselbst gesammelt und ihm gefälligst mitgetheilt hatte, der chemischen Analyse zu

unterwerfen. Da eine Untersuchung dieser Art bis jetzt nicht vorliegt: so erschien es von besonderem Interesse, die Resultate dieser ausführlichen Arbeit, welche einiges Licht über die, nach dem Absatze der Kohlenflötze noch von Statten gegangenen Umbildungen in den Steinkohlen verbreiten, folgen zu lassen. Zunächst die von C. Sello gegebene Beschreibung des Vorkommens der versteinerten Kohlen, der ich hier und da einige Bemerkungen hinsichtlich der äufseren Kennzeichen der Handstücke hinzufüge.

I. Versteinerte und reine Kohle, jene von mattem, diese von muschlichem Bruche in einem Stück, aus dem Flötz No. 16 der Grube *Altenwald*. Sie kommt dort streifenweise in ungestörtem Flötze guter Kohlen und ohne irgend eine Beziehung zum Gebirgs-Verhalten vor. Das Hangende und Liegende dieses Flötzes ist Schieferthon.

Die reine (I. *a*) und die versteinerte Kohle (I. *b*) bilden eine scharfe geradlinige Grenze zwischen sich. In der ersteren findet sich an einer Stelle eine Zwischenlage von versteinerter Kohle, die sich auskeilt und am anderen Ende eine Breite von 1 Linie hat. Dieser Keil geht nicht durch das ganze Handstück, sondern erscheint blos als ein localer Einschlufs. Auf der versteinerten Kohle, sowie auf jenem Keil finden sich graulichweifse papierdicke Anflüge, welche mit Säuren brausen; in der unveränderten Kohle zeigen sie sich nur hier und da auf den Absonderungsflächen beim Durchschlagen.

II. Versteinerte Kohle aus der Oberbank vom *Heinrichs*-Flötze der *Gerhardsgrube*. Die beiden Bänke dieses Flötzes nehmen auf einer Länge von 150 Ruthen von beiden Seiten her symmetrisch und so stark ab, dafs das vorher 70 Zoll mächtige Flötz kaum mehr handhoch erscheint, während die Sohle unverändert fortgeht. Die Oberbank ist von der Unterbank durch eine nur 1 Zoll dicke Schieferbank getrennt, welche nach der Mitte hin gleichfalls, jedoch wenig schwächer wird; das Hangende dieser Oberbank ist wiederum eine schwache Schieferbank. Das Ganze ist von einem rothen Kohlensandstein bedeckt, der auch jene Furche ausfüllt.

Die Kohle ist ganz durchdrungen von einer braunen

erdigen Masse, die lagenförmig mit der glänzenden Kohle wechselt.

III. Schwarzer Schieferthon aus der Unterbank des *Dilsburger*-Flötzes, welcher ohne Störung der Lagerung bis zu einer Mächtigkeit von 8 Zoll und mit allmäligem Uebergang in reine Kohle dazwischen liegt. Dieses Gestein erscheint als eine matte versteinerte Kohle, in welcher mikroskopisch kleine Pünktchen von glänzender Kohle eingesprengt sind. Auf den Absonderungsflächen findet sich Eisenkies, theils in dünnen Lagen, theils in einzelnen Parthien.

IV. Versteinerte Kohle vom *Auerswald*-Flötz in *Gersweiler*, in der Nähe von Sprüngen. Sie erscheint als ein Gemeng aus matter und glänzender Kohle; nur an einigen Stellen ziehen sich erdige, papierdicke, graulichweifse Streifen durch dieselbe.

V. Ein ähnliches Vorkommen wie IV. aus dem Flötz No. 4 in *Altenwald*. Eine glänzende Kohle, welche aderförmig von einer graulichweifsen, erdigen Masse durchzogen ist.

VI. Versteinerte Kohle, unter ähnlichen Verhältnissen wie No. II vorkommend, vom *Eugen*-Flötz in *Altenwald*. Eine matte versteinerte Kohle mit sparsam eingesprengten glänzenden Pünktchen. Die erdige Masse hat hier die ganze Kohle durchdrungen; an einzelnen Stellen ist sie aber auch in dickeren Streifen abgesondert.

VII. Versteinerte Kohle vom *Jacob*-Flötz der *Redengrube*. Sie ist der von VI sehr ähnlich; nur hat die erdige Masse noch mehr die ganze Kohle durchdrungen und sich weniger streifenförmig abgesondert.

Da die eingesprengten erdigen Theile von der Kohle nicht gesondert werden konnten: so wurden gröfsere Quantitäten gepulvert und das Pulver sorgfältig gemengt, um ein mittleres Verhältnifs zwischen den Gemengtheilen zu erhalten. Die davon genommenen Proben wurden in der Siedhitze des Wassers getrocknet. Da vorläufige Prüfungen die Gegenwart von Eisenoxydul nachgewiesen hatten: so wurde das Pulver mit Salzsäure, der etwas Salpetersäure zugesetzt worden, digerirt. Kalte Salzsäure bewirkte in I. *a*, I. *b* und III fast gar kein Brausen, welches von dem

bedeutenden Gehalte an kohlensaurer Magnesia herrührte; die übrigen brausten aber schon in der Kälte mehr oder weniger stark. Die geringen Mengen Schwefelsäure scheinen durchgängig von unsichtbar eingesprengtem Eisenkies herzurühren: denn der Auszug durch reine Salzsäure enthielt keine Schwefelsäure. In den Analysen wurde diese Säure auf Schwefel reducirt. Das Eisenoxyd, die Thonerde und ganz geringe Mengen Kieselsäure, welche die Säure extrahirte, wurden zu den unlöslichen Bestandtheilen addirt. Ihre Menge ergiebt sich, wenn die eingeklammerten Zahlen in A. 1 von denen in A abgezogen werden. Daſs außer den Carbonaten des Kalk und der Magnesia auch kohlensaures Eisenoxydul vorhanden war, ist nicht zweifelhaft. Da aber die directe Bestimmung der Kohlensäure nicht vorgenommen wurde, weil sie wenigstens in denjenigen Proben, welche erst in der Hitze brausten, keine genauen Resultate gegeben haben würde: so läſst sich die Menge des Eisenoxydul, welche an Kohlensäure gebunden war, nicht angeben.

Die ausgewaschenen Rückstände von der Behandlung mit Säuren wurden mit chlorsaurem Kali, dem Kochsalz zugesetzt worden, nur bis zur Zersetzung jenes Salzes erhitzt, und der Rückstand, nach sorgfältigem Auswaschen, mit kohlensaurem Kali aufgeschlossen.

A. Von Säuren ausgezogene Bestandtheile.

B. Unlösliche Bestandtheile. Die angegebenen Farben sind die der Rückstände nach dem Einäschern.

C. Kohle.

A. 1. Kohlensaure Erden. Die eingeklammerten Zahlen sind die Mengen dieser Erden nach Procenten der Kohlen als ein Ganzes.

B. 1. Die Zusammensetzung der erdigen Bestandtheile mit Einschluſs der Kohle, und nach Abzug der Carbonate.

Da die nach dem Verbrennen der Kohle erhaltenen Rückstände in denjenigen Proben, welche nur wenig davon enthielten, keine vollständigen Analysen gestatteten: so wurde Thonerde von Eisenoxyd nicht geschieden. Durch qualitative Prüfungen wurde aber ermittelt, ob beide nahe gleich, oder das eine oder das andere vorherrschend waren, und dies in den Analysen bemerkt. Ebenso wurde

angeführt, ob diese Prüfung die Gegenwart von Eisenoxydul ergab oder nicht: wenig oder viel hezeichnet das ungefähre Verhältnifs zum Eisenoxyd.

Schwefelwasserstoff zeigte weder in A noch in B eine Reaction. Beim Zerreiben der Probe in der Chalcedonschale zeigte sich kein Kratzen. Quarz war daher nirgends vorhanden.

	I a.	I b.	II.	III.
A.	0,517	0,594	31,765	6,089
B.	1,251	29,690	7,919	53,560
	gelb	grau	roth	weifs
C.	98,232	69,716	60,316	40,351
	100,000	100,000	100,000	100,000

A. 1. Kohlensaurer Kalk . .	35,47	34,375	64,38	27,43
	(0,166)	(0,099)	(18,56)	(0,40)
„ Magnesia	64,53	65,625	35,62	72,57
	(0,302)	(0,189)	(10,27)	(1,04)
	100,00	100,00	100,00	100,00

B. 1. Kohle	98,69	69,92	84,83	40,94
Kieselsäure	0,84	15,94	5,23	28,27
Thonerde und Eisenoxyd	0,34	10,32	9,14	22,93
Thonerde	gleich	mehr	mehr	viel
Eisenoxyd	gleich	weniger	weniger	wenig
Eisenoxydul	—	—	etwas	wenig
Manganoxyd	—	—	Spur	—
Kalk	0,03	—	0,38	0,31
Magnesia	Spur	0,12	0,02	0,01
Schwefel	—	—	0,16	0,29
Alkalien und Verlust .	0,10	3,70	0,24	7,25 [1]
	100,00	100,00	100,00	100,00

	IV.	V.	VI.	VII.
A.	19,93	46,267	60,80	74,51
B.	1,00	0,830	3,00	3,56
	schwarz	roth	roth	roth
C.	79,07	52,903	36,20	21,93
	100,00	100,000	100,00	100,00

[1]) Da hier der Verlust so bedeutend war: so wurde eine zweite Portion mit Flufssäure aufgeschlossen und 5,99 % Kali gefunden. Eine so grofse Menge Kali in einer Steinkohle ist sehr bemerkenswerth.

A. 1.	Kohlensaurer Kalk . . .	63,11	61,74	63,33	74,20
		(10,42)	(24,53)	(35,91)	(49,82)
	„ Magnesia .	36,89	38,26	36,67	25,80
		(6,09)	(15,206)	(20,79)	(17,32)
		100,00	100,00	100,00	100,00
B. 1.	Kohle	94,71	86,92	84,07	66,74
	Kieselsäure	0,59	1,39	3,58	5,78
	Thonerde und Eisenoxyd	3,95	11,68	11,07	26,14
	Thonerde	gleich	wenig	weniger	weniger
	Eisenoxyd	gleich	viel	mehr	mehr
	Eisenoxydul	wenig	viel	wenig	wenig
	Manganoxyd	—	—	—	viel
	Kalk	0,09	—	0,20	1,09
	Magnesia	0,06	Spur	0,10	Spur
	Schwefel	0,57	—	0,48	0,05
	Alkalien und Verlust .	0,03	0,01	0,50	0,20
		100,00	100,00	100,00	100,00

In vorstehenden Steinkohlen haben wir drei verschiedene Bildungen zu unterscheiden: 1) die der Kohle selbst, 2) die der in Säuren unlöslichen Bestandtheile und 3) die der beigemengten Carbonate. Die Kohlensubstanz und die unlöslichen Bestandtheile sind unstreitig gleichzeitige Absätze aus einem Meere, in welchem der vegetabilische Detritus und die schwebenden unorganischen Theile in veränderlichen Verhältnissen vorhanden waren. Wie schnell sich diese Verhältnisse wohl in den meisten Fällen geändert haben, zeigt die Vergleichung der beiden unmittelbar auf einander gefolgten Absätze I *a.* und I *b.* Wie aus der obigen Beschreibung erhellet, zeigen sich hier nicht allmälige Uebergänge von der reinen Kohle in die versteinerte, sondern die Grenze zwischen beiden ist so scharf, dafs entweder eine Unterbrechung der Absätze überhaupt stattgefunden haben mufste, oder dafs plötzlich zu dem vorhandenen Gemenge der organischen und unorganischen Bestandtheile entweder ungefähr 28,4 % der letzteren oder der ersteren zugetreten waren, je nachdem I *a.* oder I *b.* die ältere Bildung ist. Die Zusammensetzung der erdigen Bestandtheile ist in

	I a.	I b.
Kieselsäure	69,42	60,42
Thonerde und Eisenoxyd .	28,10	39.12
Kalkerde	2,48	–
Magnesia	—	0,46
	100,00	100,00

	I.	II.	III.	IV.	V.
Kieselsäure	61,91	67,35	68,50	72,94	75,01
Thonerde	21,73	20,66	18.10	16,66	17,57
Eisenoxydul	4.73	—	—	5.61	—
Eisenoxyd	—	2,55	3,62	—	1,02
Kalkerde	0,09	Spur	Spur	—	0,23
Magnesia	0,59	0,60	0,81	0,85	0,24
Kali	3,16	—	—	1,40	—
Natron	0,25	—	—	0,75	—
Org. Substanz . . .	0,70	—	—	—	—
Wasser oder Glühverlust	6,73	6,70	7,78	2,20	6,30
	99,89	97,86	98,81	100,41	100,37

I. Schieferthon aus dem Liegenden eines Steinkohlenflötzes in *England*, nach Frankland[1]).

II. bis V. Schieferthone aus dem Steinkohlengebirge von *Saarbrücken*, nach meinen Analysen. II., IV. und V. im Liegenden der Steinkohlenflötze, III. aus der Mitte eines Steinkohlenflötzes. II. und III. waren durch kohlige Theile grau gefärbt, IV. war blafsgrün, V. fast weifs. Auf Alkalien wurde in II., III. und V. nicht geprüft, wahrscheinlich rührt aber der Verlust in II. und III. von ihrer Gegenwart her.

I *a*. und I *b*. kommen ziemlich mit den vorstehenden Schieferthonen und namentlich mit II. bis IV. so überein, dafs man beide für Schieferthone halten kann. Die Differenzen zwischen I *a*. und I *b*. würden vielleicht geringer ausgefallen sein, wenn nicht die sehr geringe Menge der unorganischen Bestandtheile in I *a*. deren genaue quantitative Bestimmung unsicher gemacht hätte. Wesentlich hatte sich also die Beschaffenheit der im Meere suspendirt gewesenen erdigen Theile nicht geändert, wenn der Fall stattgefunden haben sollte, dafs gröfsere Mengen von diesen

[1]) Memoirs of the Geol. Survey of Great Britain. Vol. I. p. 479.

zu den vorhanden gewesenen vegetabilischen und unorganischen Detritus getreten waren.

Die Kalk- und Magnesia-Carbonate und das gewifs mehr oder weniger vorhandene kohlensaure Eisenoxydul sind ohne Zweifel spätere Infiltrationen. Aus der obigen Beschreibung geht deutlich hervor, dafs diese Carbonate gangartige Bildungen sind. Die vorhanden gewesene Kohle zerspaltete oder zerklüftete sich. Gewässer drangen ein und setzten die Carbonate ab. Unmöglich kann man aber denjenigen Carbonaten, welche in die Masse der Kohle selbst gedrungen waren, eine andere Bildungsart zuschreiben.

Dafs es dieselben Gewässer waren, welche in die unmittelbar auf einander folgenden Lager I *a*. und I *b*. filtrirten, zeigt die Uebereinstimmung in den relativen Verhältnissen der beiden Carbonate in beiden Lagern. Die Infiltrations-Producte in II., IV., V., VI. zeigen nahe das umgekehrte Verhältnifs zwischen beiden Carbonaten; sie stimmen aber unter sich ziemlich mit einander überein.

Da das Hangende der Kohlenlager Schieferthon ist: so ist in diesem zunächst der Ursprung der Carbonate zu suchen. Die Schieferthone II., III. und IV. enthalten keine Kalkerde oder blos Spuren, in V. beträgt sie nur 0,23 %. Die Magnesia schwankt aber zwischen 0,24 und 0,85. Sollte nicht dieser gänzlich fehlende, oder doch nur sehr geringe Gehalt dieser Erden in sedimentären Gesteinen davon herrühren, dafs früher vorhanden gewesene Kalk- und Magnesiasilicate entweder ganz oder doch gröfstentheils zersetzt und als Carbonate fortgeführt worden sind? — Dafs die aus dem Thonschiefer kommenden Quellen ihren Kalk- und Magnesia-Gehalt aus demselben extrahiren, ist bekannt, und dies ist die Ursache, warum auch in diesem Gestein Kalk entweder gar nicht oder nur in sehr geringen Mengen und auch Magnesia in nicht viel gröfseren vorhanden ist. Ebenso verhält sichs mit dem Schieferthon. Das Eisenoxyduloxyd ist in manchen Schieferthonen gleichfalls eine kleine Gröfse, manche sind fast ganz eisenfrei. Wirft man einen Blick auf den meist bedeutenden Eisengehalt der schwebenden Theile der Flüsse (S. 493 u. ff.): so sieht man, dafs die dermaligen Absätze im

Meere so eisenarm nicht sein können, wie jene Schieferthone. Extrahiren die Gewässer aus denselben Kalk und Magnesia: so extrahiren sie auch Eisenoxydul und Eisenoxyd, da es an organischen Substanzen zur Reduction des letzteren nicht fehlt. So geschah es, dafs in den Schieferthonen, wenn sie ursprünglich ziemlich eisenhaltig gewesen waren, Kalk, Magnesia und Eisenoxydul sich nach und nach so vermindert hatten, dafs sie jetzt fast reine Thonerdesilicate sind, und eben defshalb so sehr für die Bereitung feuerfester Gesteine geschätzt werden. Es ist klar, dafs diese Extraction sehr begünstigt wurde, wenn, wie in den vorstehenden Fällen, durch irgend eine Ursache eine Zerspaltung und Zerklüftung der Kohlen bewirkt und dadurch das Eindringen der aus dem oberliegenden Schieferthon kommenden Gewässer erleichtert wurde.

Auffallend sind die bedeutenden bis auf 67 % steigenden Quantitäten von Kalk- und Magnesia-Carbonat in II., V., VI. und VII. Hier mufste das Volumen der Steinkohlen nahe um 67 % zunehmen, wenn nicht von ihrer Substanz entsprechende Antheile verdrängt wurden. Die oben beschriebenen anomalen Verhältnisse in II. und VI. machen es begreiflich, wie da, wo Furchen entstanden und die Kohlen fast in unmittelbare Berührung mit dem aufliegenden Kohlensandsteine gekommen sind, der Zutritt der infiltrirenden Gewässer in hohem Grade begünstigt wurde.

In IV. bis VII. steigt die Menge der Thonerde und des Eisenoxyd von 76 bis 89 % vom Betrage der unauflöslichen erdigen Bestandtheile, und von diesen 89 % beträgt das Eisenoxyd bei weitem mehr als die Hälfte. Hätten diese Kohlen die erdigen Bestandtheile in bedeutendem Ueberschusse enthalten: so würden ebenso reiche Eisenerze, wie bei *Bochum* entstanden sein (Bd. III). An die (S. 758 u. 765) angeführten Beispiele von bedeutendem Eisengehalte in Steinkohlen-Aschen reihen sich daher die vorstehenden, und um so leichter wird daher die Erklärung der Bildung der Eisensteine in der Steinkohlen-Formation.

Sehr merkwürdig ist, dafs der Schieferthon III., welcher nur 40,4 % Kohle enthält, allmälig in reine Kohle übergeht. Hier müssen also an verschiedenen Stellen des

Meeres die schwebenden Theile gleichfalls so verschieden zusammengesetzt gewesen sein.

Eine von Carl Bischof gleichfalls unternommene Analyse eines Bergmittels aus dem Tiefbau vom *Karstenflötz* der Steinkohlen-Formation von *Saarbrücken* ergab eine anomale Zusammensetzung. Die Säuren zogen 94,17 % aus, die Aschenbestandtheile betrugen 0,31 und die Kohle 5,52. Die löslichen Bestandtheile bestanden aus 79,96 kohlensaurem Kalk und 20,04 kohlensaurer Magnesia, und der Rückstand aus 1,91 Kieselsäure, 50,09 vorherrschend Eisenoxyd und Thonerde, 0,17 Kalk, Spuren von Magnesia und 47,83 Kohle. Dieses Bergmittel ist wohl nichts anderes als ein dolomitischer Kalkstein mit wenig Kohle. Das Gestein ist schwarz und von mehreren grauweifsen Adern von Carbonaten durchzogen; an einigen Stellen finden sich auch Adern von glänzender Kohle.

Wir kommen nun zur Bildung der Stein- und Braunkohlen aus vegetabilischem Detritus.

Nach de Saussure verwandelten 240 Theile trockene Eichenspäne 10 Cubikzoll Sauerstoffgas in eben so viel Kohlensäuregas, welches 3 Gewichtstheile Kohlenstoff enthielt; das Gewicht der Späne verminderte sich aber um 15 Theile. Mithin trennten sich noch 12 Gewichtstheile Wasser von den Elementen des Holzes. Liebig [1]) bemerkt, dafs Späne von Holz, vom Baume genommen, das Volumen des Sauerstoffgases Anfangs vermindern, während das eine Zeit lang der Atmosphäre ausgesetzt gewesene befeuchtete Holz den umgebenden Sauerstoff in Kohlensäure ohne Aenderung des Volumens umwandelt.

Jene Sauerstoff-Absorption scheint daher nicht durch die Holzfaser, sondern durch die im Holze enthaltenen stickstoffhaltigen löslichen Bestandtheile, welche vom Wasser extrahirt werden, zu erfolgen; denn deren Wasserstoff, Kohlenstoff und Stickstoff wird vom Sauerstoff vollständig oxydirt. Die Gegenwart der organischen Substanzen in allen Gewässern, das Baregin und die Quellsäure in den Quellwassern, welche durch Einwirkung der

---

[1]) Die Chemie in ihrer Anwendung auf Agricultur. 6te Auflage. S. 477 ff.

Luft in die schwerlösliche Quellsatzsäure übergeht, zeigt diese Extraction.

Aber auch die Oxydation des Kohlenstoff im Holz mufs ihre Grenzen haben; denn wäre sie eine ununterbrochen fortdauernde: so müfste das der Luft ausgesetzte Holz nach und nach so zerstört werden, dafs blos die erdigen Bestandtheile zurückblieben. Dies widerspricht aber allen Erfahrungen.

Bei unseren Betrachtungen über die Umwandlung der vegetabilischen Substanzen in Stein- und Braunkohle werden wir stets von der Holzsubstanz ausgehen, und dazu haben wir um so mehr Grund, da die Vermuthung, dafs zu allen Zeiten der Vorwelt die Vegetation der Wälder die vorherrschende war, sehr wahrscheinlich ist[1]).

Aus der Vergleichung der Zusammensetzung des braunen vermoderten Eichen- und Buchenholzes mit der dieser Hölzer im frischen Zustande folgert Liebig[2]), dafs bei der Vermoderung der Sauerstoff der Luft nicht den Kohlenstoff, sondern den Wasserstoff des Holzes oxydirt und ausscheidet, und dafs die sich gleichzeitig entwickelnde Kohlensäure von den Elementen des Holzes herrührt. Aus der Zusammensetzung eines weifsen faulen Holzes aus dem Innern abgestorbener Holzstämme, die mit Wasser in Berührung waren, folgert er, dafs bei dieser Umwandlung mit einer gewissen Menge Sauerstoff die Bestandtheile des Wassers vom Holze aufgenommen werden, während sich Sauerstoff und Kohlenstoff als Kohlensäure ausscheiden.

Da oxydirbare Substanzen des Mineralreichs, wie z. B. Eisenoxydul-Verbindungen, auch unter Wasser durch den absorbirten Sauerstoff oxydirt werden: so erscheint es nicht zweifelhaft, dafs auch unter Wasser befindliche organische Substanzen einer solchen Oxydation unterliegen, und dies könnte noch in grofsen Tiefen unter dem Meere gedacht werden; denn Meerwasser aus 2234 Fufs Tiefe enthält noch Sauerstoffgas absorbirt (S. 473)[3]). Göp-

---

[1]) Unger Geschichte der Pflanzenwelt. 1852. S. 273.

[2]) A. a. O. S. 477 ff.

[3]) Auf der andern Seite wirkt Meerwasser nach A. Hayes (S. 472) zwar auf seiner Oberfläche kräftig oxydirend, wie z. B. auf den Kupferbeschlag der Schiffe; allein in der Tiefe überziehen sich Metalle

pert[1]) fand, dafs sich Flechten, 6 bis 8 Zoll unter Wasser liegend, rasch zersetzen, dagegen 12 bis 36 Zoll unter Wasser 15 Monate lang ziemlich gut erhielten. Die Zersetzung vegetabilischer Substanzen scheint also um so schwieriger von Statten zu gehen, je tiefer sie unter Wasser liegen, und dies rührt wohl davon her, dafs sich der zu ihrer Oxydation verbrauchte Sauerstoff in gröfserer Tiefe langsamer als in geringerer erneuert. Jedenfalls dürfte diese Zersetzung verschiedene Richtungen nehmen, je nachdem sich die organischen Substanzen in einem mehr oder weniger tiefen Meere befinden.

In den Steinkohlen finden wir theils eben so viel, theils nur 1,8% weniger Wasserstoff als im Holz; dagegen beträgt der Sauerstoff in jenen 26 bis 40% weniger als in diesem. Das Holz mufste daher bei seiner Umwandlung in Steinkohle wesentlich Sauerstoff verlieren, wodurch sich die relativen Mengen des Wasserstoff und Kohlenstoff vermehrten. Die Hauptfrage ist, auf welche Weise hat sich der Sauerstoff abgeschieden? Entweder entwich er mit Wasserstoff als Wasser, oder mit Kohlenstoff als Kohlensäure. Oxydirt, nach Liebig, der Sauerstoff der Luft nur den Wasserstoff des Holzes: so konnte dessen Sauerstoff nur in Verbindung mit dessen Kohlenstoff entweichen. Wenn auch das Meerwasser in noch gröfseren Tiefen als 2234 Fufs gewifs noch Sauerstoff absorbirt enthält: so hält es doch schwer, eine fortdauernde Oxydation des Wasserstoff der in solchen Tiefen befindlichen vegetabilischen Ueberreste zu begreifen, da bis dahin nicht die Wellen das Meerwasser der Oberfläche führen und den verbrauchten Sauerstoff wieder erneuern, und da bis dahin auch nicht die Meeres-Strömungen in eingeschlossenen Meeren reichen. Wir müssen daher fragen: ist eine solche Oxydation eine nothwendige Bedingung zur Umwandlung derselben in Steinkohlen?

Saussure's Versuche zeigen schon, dafs Wasserstoff und Sauerstoff aus den Elementen des Holzes entweichen.

mit Schwefelmetallen. Da demnach hier die schwefelsauren Salze des Meerwassers durch organische Substanzen desoxydirt werden: so erscheint es zweifelhaft, dafs letztere gleichzeitig oxydirt werden.

[1]) Poggendorff's Ann. Bd. LXXXVI. S. 484.

Aus Sümpfen, in denen organische Substanzen verfaulen, steigt Kohlenwasserstoff- und Kohlensäuregas auf (S. 732)[1]. Ob sich nicht auch beim Vermodern des Holzes Kohlenwasserstoffgas entwickelt, ist noch nicht nachgewiesen. Ist das Wasser eine Bedingung dieser Entwicklung: so ist sie in hohlen Baumstämmen zu erwarten; denn das darin enthaltene vermoderte Holz ist stets feucht und breiartig und nicht selten vom Regenwasser fufshoch bedeckt. Die von Boussingault in der atmosphärischen Luft nachgewiesenen Kohlenwasserstoff-Verbindungen thun dar, dafs dieselben als Folge der auf der Erde von Statten gehenden Fäulnifsprocesse in dieselbe geführt werden.

Da die Bildung des Kohlenwasserstoffgases aus den Elementen organischer Substanzen höchst wahrscheinlich an den beschränkten Zutritt des atmosphärischen Sauerstoff geknüpft ist: so ist sie vorzugsweise zu erwarten, wenn, wie in Sümpfen, die Fäulnifs unter Wasser von Statten geht. Unter diesen Umständen entweicht daher jedenfalls ein Theil des Wasserstoff in Verbindung mit Kohlenstoff.

Dafs in Steinkohlen noch eine fortwährende Ausscheidung des Sauerstoff und Wasserstoff in Verbindungen mit Kohlenstoff von Statten geht, zeigen die im Steinkohlengebirge so häufigen Entwicklungen von Kohlensäure- und Kohlenwasserstoffgas (S. 726). Dieser Umstand erklärt den verschiedenen Gehalt der Steinkohlen an Sauerstoff und Wasserstoff, und dieser verschiedene Gehalt bedingt auch den verschiedenen Gehalt der Steinkohlen an flüchtigen Bestandtheilen[2]. Dafs die Ausscheidung des

---

[1]) Von der gebildeten Kohlensäure findet sich in den Exhalationen wenig, da es vom Wasser viel leichter als das Kohlenwasserstoffgas absorbirt wird.

[2]) Regnault's und Vaux's Untersuchungen zeigen, dafs die Menge der Coaks, welche die Steinkohlen geben, sehr nahe in geradem Verhältnisse mit der Menge ihres Kohlenstoff und in umgekehrtem mit der ihres Sauerstoff stehen. Die Braunkohlen lassen dieselben Verhältnisse, jedoch weniger regelmäfsig wahrnehmen. Die Menge des Wasserstoff, welche in den Stein- und Braunkohlen überhaupt weniger schwankt, als die des Sauerstoff, zeigt keinen merklichen Einflufs auf diese Verhältnisse. Die an Wasserstoff reichen Lignite, welche in Erdharz übergehen, so wie der Asphalt geben

Sauerstoff und Wasserstoff nicht blos aus den Steinkohlen, sondern auch aus den mit ihnen alternirenden Gesteinen-Schichten erfolgt, wenn dieselben viel von organischen Ueberresten enthalten, zeigt die bedeutende Entwicklung von Kohlenwasserstoffgas aus dem (S. 730) erwähnten artesischen Brunnen; denn durch Bohren bis zu einer Tiefe von 80 bis 242 Fuſs unter dem bebauten Steinkohlenflötz hat man ein zweites nicht gefunden [1]).

Die häufige Entwicklung des Kohlenwasserstoffgases mit mehr oder weniger Kohlensäuregas aus aufsteigenden Quellen und aus artesischen Brunnen spricht schon dafür, daſs diese Gase aus einer Region kommen, wo Wasser

---

jedoch die geringsten Menge Coaks; sie enthalten daher die gröſsten Mengen flüchtiger Bestandtheile. Eine fortgesetzte Entwicklung von Kolensäure- und Kohlenwasserstoffgas aus Steinkohlen vermindert daher die Menge der flüchtigen Substanzen. Jeder Umstand, der jene Entwicklung begünstigt, begünstigt daher auch diese Verminderung. Der Gehalt an flüchtigen Substanzen ist in den magersten Anthraziten fast Null; er steigt aber in den backendsten Kohlen bis zu 50 %.

Die Gebrüder W. B. und H. D. Rogers (Reports of the Association of American Geologists etc. Boston 1843. p. 470) fanden als Resultat vielfacher chemischer Analysen, daſs in der *Appalachian*-Steinkohlen-Formation der Gehalt an flüchtigen Substanzen um so geringer ist, je mehr die Flötze in ihrer Lagerung gestört sind. Hier finden sich in demselben Flötze Uebergänge von fast wahrem Anthrazit bis zu den backendsten Kohlen. Die Ursache dieser bedeutenden Verschiedenheiten sucht H. D. Rogers in den ungeheuern Exhalationen stark erhitzter Dämpfe und Gase, welche durch zahllose Klüfte und Spalten, die während der Aufrichtung der Schichten entstanden waren, geströmt sind. Die auf diese Weise erhitzten Kohlen sollen, nach ihm, mehr oder weniger von ihren flüchtigen Bestandtheilen verloren haben. Unsere Ansicht, welche auf eine Thatsache, auf die Entwicklungen von Kohlenwasserstoff- und Kohlensäuregas gegründet ist, scheint eine so künstliche Hypothese überflüssig zu machen. Der geringere Gehalt an flüchtigen Substanzen in den aufgerichteten Kohlenflötzen dürfte mit dem leichteren Zutritt der Gewässer, welche jene Entwicklungen begünstigen, im Zusammenhange stehen.

[1]) Mein Mémoire sur l'aérage des mines, eine von der Academie der Wissenschaften zu Brüssel gekrönte Preisschrift in „Des moyens de soustraire l'exploitation des mines de houille aux changes d'explosion." Bruxelles 1840. p. 236.

mit Steinkohlen oder organischen Ueberresten in Berührung ist. Nicht weniger spricht dafür der Umstand, dafs sich beim Steinkohlenbergbau die Entwicklung des brennbaren Grubengases mit zunehmender Tiefe häufig vermehrt; denn je mehr er in die Tiefe dringt, desto mehr nehmen in der Regel die Wasser zu. Schon Morand[1]) bemerkt, dafs die an Wasser reichen Minen, wie es scheint, auch reich an schlagenden Wettern sind. Es wird daher immer wahrscheinlicher, dafs Kohlenwasserstoffgas sich nur dann entwickelt, wenn vegetabilische Substanzen unter Wasser zersetzt werden.

Bedingt die Gegenwart des Wassers die Entwicklung des brennbaren Gases: so ist dessen äufserst seltenes Vorkommen in Braunkohlen-Gruben begreiflich; denn selten reichen ihre Flötze unter die Thalsohle[2]).

Nach Liebig erfolgte die Umwandlung der Holzfaser in Steinkohle, indem sich gewisse Quantitäten ihrer Elemente in der Form von Oelen, Sumpfgas und Kohlensäuregas trennten. Subtrahirt man von der Zusammensetzung der Holzfaser 3 At. Sumpfgas, 3 At. Wasser und 9 At. Kohlensäure: so erhält man die Zusammensetzung der brennbaren Bestandtheile der Splintkohle von *Newcastle* und der Cannelkohle von *Lancashire*.

Durch Vergleichung der Zusammensetzung der Braunkohle von *Laubach* in der *Wetterau* mit der des Eichenholzes fand Liebig, dafs jene aus diesem durch Ausscheidung von 2 At. Wasserstoff und 3 At. Kohlensäure entstanden sein konnte. Von der Braunkohle von *Ringkuhl* ist anzunehmen, dafs bei ihrer Bildung aus der Holzfaser, aufser Wasserstoff und den Elementen der Kohlensäure, auch die des Wassers entfernt wurden.

Nach Göppert wandelt sich in den Steinkohlen-

---

[1]) L'art d'exploiter les mines de charbon de terre. 1768. T. I. p. 38.

[2]) Lyell's Angabe (dessen zweite Reise nach *Nordamerika* Bd. II), dafs am Ausflusse des *Mississippi*, wo eine grofse Menge Treibholz jährlich von Schlamm und Sand bedeckt wird, Kohlenwasserstoffgas, in Folge der langsamen Umwandlung des Holzes in Braunkohle, überall aus dem Boden hervorkommt, zeigt recht augenscheinlich, wie stets die Gegenwart des Wassers die Entwicklung dieses Gases bedingt.

gruben von *Charlottenbrunn* das Zimmerholz zuweilen in Braunkohle um. Dasselbe fand man vor mehreren Jahren in einem verlassenen Stollen einer Eisensteingrube zu *Turrach* in *Steiermark*. .H. Schrötter erklärt, zufolge seiner Analyse, diese Umwandlung aus einer Ausscheidung von Sumpfgas und Kohlensäuregas aus dem Eichenholz [1]).

Alle bisherigen Bemühungen, die Umwandlung des Holzes in Stein- und Braunkohle durch Ausscheidung binärer Verbindungen der Elemente zu erklären, waren einseitig und willkührlich. Die deſshalb entwickelten Formeln haben gar keinen Werth. Abstrahirt man vom ölerzeugenden Gas und von nicht gasförmigen Verbindungen des Kohlenstoff mit dem Wasserstoff: so bleiben blos Kohlensäuregas, Kohlenwasserstoffgas und Wasser übrig, durch deren Ausscheidung aus dem Holz die Erklärung der Bildung der Steinkohle zu versuchen ist. Die theilweise Abscheidung von Sauerstoff, Wasserstoff und Kohlenstoff als Wasser und Kohlensäure aus den Elementen des Holzes ist eine Thatsache. Auch die Abscheidung von Wasserstoff und Kohlenstoff als Kohlenwasserstoffgas ist, wenigstens für den Fall, daſs die Zersetzung unter Wasser erfolgt, erwiesen. Wir haben also folgende vier Fälle. Die Umwandlung erfolgt durch Abscheidung:

1) von Kohlensäure- und Kohlenwasserstoffgas, oder
2) von Kohlensäuregas und Wasser, oder
3) von Kohlenwasserstoffgas und Wasser, oder
4) von Kohlensäure, Kohlenwasserstoff und Wasser.

Der zweite Fall kann entweder so gedacht werden, daſs das Wasser blos vom Wasserstoff und Sauerstoff des Holzes herrührt, oder daſs ein Theil des Wasserstoff oder seine ganze Menge vom äuſsern Sauerstoff oxydirt wird. Einer Oxydation des Kohlenstoff durch den äuſsern Sauerstoff widerspricht die fortschreitende Zunahme des Kohlenstoff bei der Umwandlung des Holzes in Steinkohle. Der dritte Fall ist nicht denkbar, weil sich bei der Zersetzung vegetabilischer Substanzen nie Kohlenwasserstoffgas ohne Kohlensäure entwickelt.

In der I. Auflage (Bd. II. S. 1779 ff.) haben wir Formeln entwickelt für die drei Fälle:

[1]) F. Unger Versuch einer Geschichte der Pflanzenwelt. 1852. S. 92.

I) dafs die Umwandlung durch Abscheidung von Kohlensäure und Kohlenwasserstoff,

II) dafs sie durch Abscheidung von Kohlensäure aus den Elementen des Holzes und durch Oxydation des Wasserstoff durch den äufsern Sauerstoff, und

III) dafs sie durch Abscheidung von Kohlensäure und Wasser aus den Elementen des Holzes erfolgt.

Diese drei Fälle gehören zu den bestimmten Aufgaben, für die sich Gleichungen entwickeln lassen. Der Fall, dafs sich Kohlensäure, Kohlenwasserstoffgas und Wasser entwickeln, gehört aber zu den unbestimmten Aufgaben, welche mehrere Auflösungen zulassen. Es kann keine unter den möglichen Umwandlungen gedacht werden, wobei eine gröfsere Menge vom Kohlenstoff des Holzes verloren geht, als im Fall I, und auf der andern Seite kann auch keine Umwandlung stattfinden, wobei weniger davon verloren geht, als im Fall III. Je mehr sich Kohlenwasserstoffgas dem entweichenden Wasser und Kohlensäuregas beimengt, desto näher rückt dieser Verlust dem Maximum im Fall I, und je weniger sich Kohlenwasserstoffgas beimengt, desto näher rückt er dem Minimum im Fall III.

Vermodertes chokoladebraunes Eichenholz zeigte noch vollkommen die Structur des Holzes. Eine andere Probe von einer anderen Eiche von lichtgrüner Farbe, leicht zerreiblich zu feinem Pulver, gab bei der Analyse 56,211 Kohlenstoff und 43,789 Wasser. Sie kommt daher der Zusammensetzung des Humus (I. Aufl. Bd. II. S. 1792) sehr nahe.

Diese Untersuchungen über die Umwandlung des Eichenholzes in vermodertes Holz und in Humus gewähren eine klare Vorstellung von der Umwandlung des Holzes in Steinkohle, Braunkohle u. s. w. Bei jener Umwandlung können vergleichende Analysen des ursprünglichen Materials und der Umwandlungs-Producte angestellt werden, und es lassen sich die Processe in ihren ersten Phasen verfolgen; bei den Steinkohlen ist dies nicht, bei den Braunkohlen nur selten möglich.

Schon die Vergleichung der Analysen des unveränderten Eichenholzes und seiner Umwandlungs-Producte zeigt, dafs während seine physikalischen Eigenschaften, Cohäsion, Farbe und Structur, sehr bedeutend verändert

werden, die chemische Zusammensetzung nur eine sehr geringe Veränderung erleidet.

Da der Gewichtsverlust des Holzes nur 2,23 bis 6,22% und selbst nur 3,16 bis 11,35% beträgt, da sogar, wenn sich aufser Wasser und Kohlensäure auch etwas Kohlenwasserstoffgas entwickelt haben sollte, das Maximum des Verlustes von 22% (I. Aufl. Bd. II. S. 1792. C. Fall I.) lange nicht erreicht werden könnte: so ist die bedeutende Abnahme des Volumens des Holzes beim Faulen desselben schwierig zu erklären. Zwar werden hierbei die löslichen Substanzen des Holzes durch die in die faulenden Bäume gelangenden Regenwasser fortgeführt: da sie aber nur ungefähr 4% betragen: so ist dieser Verlust von keinem merklichen Einflufs. Es finden sich Bäume, deren Inneres bis auf die Rinde hohl ist, und in denen sich im Verhältnifs zu dem hohlen Raume nur wenig Holzerde findet. Die Höhlung reicht auch meist so weit unter die gewöhnlich seitwärts befindliche Oeffnung hinab, dafs an ein Fortführen der Holzerde durch die Gewässer, wenigstens nicht während der letzten Perioden der Fäulnifs zu denken ist. Es ist daher sehr zu wünschen, dafs dieses Verhältnifs durch fortgesetzte aufmerksame Beobachtungen an hohlen Bäumen aufgeklärt werden möge. Auf der andern Seite erklärt der geringe Verlust des Holzes, während der ersten Perioden seiner Zersetzung, die scheinbar ohne Volumen - Verminderung erfolgende Veränderung der unter Wasser befindlichen Pfähle. Sollten überdies an die Stelle der abgeschiedenen organischen Bestandtheile unorganische Substanzen, z. B. Kieselsäure treten: so würde auch die zunehmende Festigkeit und Dichtigkeit, welche solches unter Wasser zersetzte Holz erleidet, leicht zu begreifen sein.

Wir sehen, dafs sich die Umwandlung des Holzes in vermodertes Holz und in Humus aus den drei Fällen genügend erklären läfst, und dafs sie, was besonders wichtig ist, ohne Mitwirkung des äufseren Sauerstoff gedacht werden kann. In den ersten Phasen der Umwandlung ist die Kohlensäure - Entwicklung äufserst gering oder ganz Null. Die Umwandlung beginnt mit der Ausscheidung von Sauerstoff und Wasserstoff als Wasser, und erst spä-

ter entweichen Sauerstoff und Kohlenstoff als Kohlensäure. Wahrscheinlich scheiden sich Kohlenstoff und Wasserstoff als Kohlenwasserstoffgas noch später aus.

Bei der Umwandlung des Holzes in Steinkohle können die drei Fälle als möglich gedacht werden. Der Fall I liefert die gröfste, der Fall III die geringste Menge Kohlensäure, und umgekehrt ist der Fall I mit dem gröfsten und der Fall III mit dem geringsten Verlust an verflüchtigten Bestandtheilen des Holzes verknüpft. Erfolgte die Umwandlung blos durch Abscheidung von Kohlensäure und Kohlenwasserstoffgas: so würde das Holz nur 22 bis 25% Steinkohle gegeben haben. Das Volumen des auf dem Grunde des Meeres befindlichen vegetabilischen Detritus würde sich daher noch in einem gröfseren Verhältnisse vermindert haben, da die Steinkohle ein viel gröfseres specifisches Gewicht als das Holz hat. Bedeutende Senkungen würden demnach während der Steinkohlen-Bildung eingetreten sein.

An die S. 355 erörterte Ursache, welche Senkungen herbeiführt, reiht sich hier eine neue. Man kann sich des Gedankens nicht erwehren, dieser Ursache einen Hauptantheil an den im Steinkohlengebirge so häufigen und so auffallenden Dislocationen zuzuschreiben.

Die Umwandlung des Holzes in vermodertes Holz und in Humus zeigt aber, dafs sie mit einer Ausscheidung von Wasser beginnt, und dafs daher der Fall III gewifs der vorherrschende ist. Dann aber gingen bei der Umwandlung bei weitem weniger, ungefähr nur 50% an verflüchtigten Bestandtheilen verloren.

Aus den in der I. Aufl. mitgetheilten Analysen ergibt sich Folgendes: Die Werthe von dem ausscheidenden Sauerstoff in dem Steinkohlen-Mittel aus 49 Analysen sind durchgängig etwas gröfser, als in dem Steinkohlen-Mittel aus 67 Analysen; doch steigt die gröfste Differenz nur auf 0,74%. Bei den Steinkohlen aus den *Marennen* steigt sie aber bis auf 3,5%. Die Werthe von dem auszuscheidenden Wasserstoff sind in dem Steinkohlen-Mittel aus 49 Analysen bis 0,15% höher, als in den Steinkohlen aus den *Marennen*. Es zeigt sich also ganz entschieden eine zunehmende Ausscheidung von Sauerstoff und Wasserstoff

mit zunehmendem Alter der Steinkohlen. Noch gröfser ist diese zunehmende Ausscheidung bei der Umwandlung in Anthrazit.

Werfen wir einige Blicke auf die im Meere von Statten gehenden Zersetzungs-Processe des vegetabilischen Detritus.

Die Hauptfactoren der Fäulnifs und Verwesung, Wärme und Luft, fehlen auf dem Boden der tiefen Seen und Meere. Wir haben gesehen (S. 426), dafs die unteren Wasserschichten der Seen, welche in Erdzonen liegen, in denen zur Winterzeit die Luftwärme noch bis auf + 3° R. sinkt, eine constante Temperatur von 4° bis 5° R. haben. Einer solchen niederen Temperatur sind daher die diesen Seen durch die Flüsse zugeführten und niedergesunkenen organischen Substanzen ausgesetzt. Stehen auch die Fäulnifsprocesse auf der Erdoberfläche in solchen Temperaturen nicht gänzlich still: so gehen sie doch nur sehr träge von Statten.

In den untern Wasserschichten der in hohen geographischen Breiten gelegenen Meeren sinkt die Temperatur sogar von — 1°,6 bis auf — 3°,1 R. herab. Bei solchen Temperaturen hören aber die Fäulnifsprocesse auf der Erdoberfläche auf. Dafs auch die Zeit, der sonst so mächtige geologische Hebel, unwirksam ist, zeigen die Gerippe von Elephanten, bedeckt mit Fleisch und andern weichen Theilen, wie man sie an der Mündung der *Lena* und an den Ufern des *Wilhui* unter den Breiten 64° bis 72° gefunden hat, zeigt der von Adams entdeckte ganze Pachydermen-Leichnam, der seine Haut und Haare bewahrt hatte [1]).

Wenn nun die einer schnellen Fäulnifs am meisten unterworfenen thierischen Substanzen in Zeiträumen, für welche man kein Maafs hat, conservirt werden konnten, wie soll man dann die fast gänzliche Zersetzung der der Fäulnifs bei weitem weniger unterworfenen vegetabilischen Substanzen und ihre Umwandlung in Steinkohle in so niederen Temperaturen auf dem Meeresboden begreifen!

[1]) Meine Wärmelehre. S. 3 ff. Ich citire dieses Werk, weil dort die Hypothesen zur Erklärung dieser wunderbaren Erscheinung zusammengestellt sind.

In Breiten (49° bis 57°), wo wir die mächtigsten Steinkohlenlager Europa's finden, ist nach Lenz die Temperatur der tiefsten Wasserschichten des *atlantischen Ocean* jedenfalls nicht höher als 1°,76 R. In einer so niederen Temperatur mufste also die Bildung jener Steinkohlenlager stattgefunden haben.

Die Kohlenwasserstoff-Exhalationen aus Sümpfen sind das Maafs für die auf ihrem Boden von Statten gehenden Fäulnifsprocesse organischer Substanzen. Die Analysen eines Sumpfgases im Sommer und im Winter (S. 730) zeigen, dafs sich der Kohlenwasserstoff-Gehalt im Winter um 29% vermindert hatte, nicht aber, dafs die Fäulnifsprocesse in dieser Jahreszeit zum gänzlichen Stillstehen kamen. Sie werden also auch in einem Meere von 1°,76 R. Temperatur noch von Statten gegangen sein.

Die Kohlenwasserstoff-Exhalationen in der Steinkohlen-Formation weisen nach, dafs die Steinkohlen-Bildungsprocesse noch jetzt im Gange sind. Während der unmefsbar langen Zeiträume seit der Erhebung dieser Formation über das Meer dauerten also diese Processe ohne Zweifel ununterbrochen fort. Es ist daher zu denken, dafs zur Zeit, wo der vegetabilische Detritus noch unter dem Meere lag, die Steinkohlen-Bildung noch sehr weit von ihrem Ziele entfernt war.

Die mächtigen Schichten von Schieferthon, Kohlenkalkstein u. s. w., welche mit den Steinkohlen-Flötzen wechseln, entzogen den auf dem Meeresboden abgesetzten vegetabilischen Detritus den erkältend wirkenden Einflüssen der untern Schichten des Meerwassers, und beförderten dadurch den Steinkohlen-Bildungsprocefs.

Der dem Meere in so ungeheuren Massen zugeführte vegetabilische Detritus zur Bildung so mächtiger Steinkohlenflötze, wie wir sie finden, die riesenmäfsigen Farren in den sie einschliefsenden Gesteinschichten, führten frühere Geologen zur Ansicht, dafs in den Erdzonen, wo diese Flötze auftreten, ein Tropenklima herrschte.

Eine höhere Temperatur mufs die Erdoberfläche in der Schöpfungs-Periode gehabt haben, als jetzt; denn sonst würde ihre Zunahme nach dem Innern unerklärlich sein. Um aber ein Tropenklima in den gemäfsigten Zonen vor-

auszusetzen, braucht die Erde nicht glühend heifs gewesen zu sein.

Da indefs nach Lenz selbst zwischen 41° Br. und dem Aequator, also innerhalb der heifsen Zone, die Temperatur des Meeres in grofser Tiefe noch unter 1°,76 R. sinkt: so konnte das vorausgesetzte Tropenklima die Temperatur der unteren Meeresschichte nicht gesteigert haben.

Der hydrostatische Druck in einem nur 3200 Fufs tiefen Meere ist = 100 Atmosphären. Unter dem Drucke einer solchen Extractionspresse mufsten die löslichen Bestandtheile des vegetabilischen Detritus in verhältnifsmäfsig kurzer Zeit so vollständig extrahirt werden, dafs nur die unlösliche Holzsubstanz übrig blieb. Man möchte sogar vermuthen, dafs auch die Alkalien, welche sich in der Steinkohlen-Asche nur in äufserst geringen Mengen finden, mit den organischen Bestandtheilen extrahirt worden seien.

Kochsalz ist ein kräftiges antiseptisches Mittel. Sollte der Gehalt dieses Salzes im Meere schon hinreichen, um der Zersetzung des vegetabilischen Detritus entgegen zu wirken, so würde auch dieses Hemmungsmittel der Steinkohlen-Bildung zu den übrigen zu zählen sein. In Süfswasser-Seen würde dann die Zersetzung vegetabilischen Detritus schneller von Statten gehen.

Fassen wir Alles zusammen, so kommen wir zu dem Schlusse, dafs, so lange als der vegetabilische Detritus unter dem Meere, und noch nicht mit mächtigen Gesteinschichten bedeckt war, der Steinkohlenbildungs - Procefs nur in niedern Temperaturen, mithin nur äufserst langsam von Statten gehen konnte, schneller aber nach der Erhebung über das Meer, wo er in wärmere Regionen kam, und nicht mehr mit Salzwasser in Berührung war.

Bei der Umwandlung des Holzes in vollkommenen Lignit können gleichfalls die drei S. 777 angeführten Fälle als möglich gedacht werden. Bleiben wir blos beim Fall III stehen, der unzweifelhaft der wahrscheinlichste ist: so zeigt sich nur ein Verlust von 36%. Beim fossilen Holz sinkt dieser Verlust auf 16% herab, und der auszuscheidende Sauerstoff und Wasserstoff beträgt nur ungefähr $^1/_5$ und $^1/_2$ von denen in den Steinkohlen. Dieser Verlust und diese Werthe nähern sich aber auch dem, was wir bei der

Umwandlung des Holzes in vermodertes Holz und in Humus gefunden haben. Daher ist im fossilen Holz die Umwandlung nur wenig weiter fortgeschritten als in diesen Substanzen. Ist das fossile Holz, wie so häufig, in Folge des starken Druckes der darauf lastenden Schichten zusammengedrückt: so wird es begreiflich, wie es ungeachtet dieses Verlustes doch eine gröfsere Dichtigkeit als das unveränderte Holz haben kann.

Der Werth des abzuscheidenden Sauerstoff ist beim Lignit im Falle III nur um 1,54 und der des abzuscheidenden Wasserstoff nur um 0,38% geringer, als diese Werthe aus dem Steinkohlen-Mittel. Ist der Procefs bei der Umwandlung der Holzsubstanz in Lignit im Allgemeinen derselbe wie bei ihrer Umwandlung in Steinkohle: so ergibt sich, dafs während der ersten Phasen dieses Processes der Sauerstoff und Wasserstoff in viel gröfseren Verhältnissen als in den letzteren verloren gehen. Dies stimmt auch damit überein, dafs die obigen Werthe in den Steinkohlen aus den jüngeren Formationen nur sehr wenig kleiner als in denen aus den älteren sind. Während der gewifs Millionen langen Periode, welche seit der Bildung der Steinkohlen der alten Formation bis zu der der Steinkohlen im Lias verflossen ist, haben daher jene einen nur äufserst geringen Verlust erlitten. Die Vermuthung, dafs in den letzteren Perioden der Umwandlung die Entwicklung des Kohlenwasserstoffgases die vorwaltende ist, gewinnt sehr an Wahrscheinlichkeit, besonders da in der Steinkohlen-Formation in *Lippe-Schaumburg* diese Entwicklung viel bedeutender, als aus den alten Steinkohlen-Formationen (S. 774) ist und in den Braunkohlen nicht stattzufinden scheint (S 775).

Schrötter behandelte die Braunkohle von *Oberhart* so lange mit Aether, als noch etwas extrahirt wurde. Die rückständige Kohle hatte sehr nahe die Zusammensetzung des Holzes [1]). Hieraus folgt, dafs das Holz, aus dem sich diese Braunkohle gebildet hatte, nicht in seiner ganzen

---

[1]) Aus dieser Aehnlichkeit erklärt sich die bedeutende Menge Essigsäure, welche diese Braunkohle bei der trocknen Destillation gab. Das Holz dieser Braunkohle erkannte man als ein Nadelholz.

Substanz, sondern nur theilweise umgewandelt worden war. Es würde sehr interessant sein, wenn durch Untersuchung anderer Braunkohlen auf dieselbe Weise ermittelt würde, ob dieses Verhalten ein allgemeines ist. Die bisherigen Untersuchungen haben übrigens dargethan, dafs in den Braunkohlen mannichfaltige Verbindungen des Kohlenstoff neben einander bestehen.

Der Torf von *Princeton* gibt für den auszuscheidenden Sauerstoff und Wasserstoff gröfsere Werthe und einen gröfseren Verlust an Bestandtheilen, als das fossile Holz. In jenem ist daher die Zersetzung weiter fortgeschritten als in diesem. Diese Werthe und der Verlust an Bestandtheilen, welche die Torfkohle gibt, nähern sich sehr denen, welche die Steinkohlen, besonders die aus den *Marennen* geben. Man kann daher voraussetzen, dafs diese Torfkohle ganz in der Umwandlung in Steinkohle begriffen war. Da nun der Torf eine viel jüngere Bildung als die Braunkohle ist: so spricht dies für die ohnehin wahrscheinliche Ansicht, dafs sich feine Pflanzentheile, aus welchen sich der Torf gebildet hat, viel schneller als dicke Baumstämme in Steinkohle umwandeln. Ja, es ist nicht unwahrscheinlich, dafs sich solche Baumstämme nie völlig in Steinkohle umwandeln können.

Es zeigt sich und es ist auch ganz begreiflich, dafs in den an Wasserstoff reichen fossilen harzigen Substanzen, nämlich in dem in Erdharz übergehenden Lignit, im Bernstein, Retinit und Asphalt u. s. w., wenn wir blos den Fall III in Betrachtung ziehen, der Verlust an Bestandtheilen sehr bedeutend sein mufs. Bei den drei letzteren ist er selbst noch gröfser als bei den Steinkohlen. Bei diesen harzigen Substanzen nimmt der auszuscheidende Sauerstoff sehr zu und der auszuscheidende Wasserstoff sehr ab, und diesem entsprechend hatte sich bei ihrer Bildung viel Kohlensäure und wenig Wasser entwickelt, während bei der Umwandlung des Holzes in Steinkohle das Umgekehrte statt fand. Man sieht hieraus, wie aus derselben Holzsubstanz die verschiedenartigsten Producte entstehen konnten, wenn nur die Umwandlungen verschiedenartige Richtungen nahmen.

Der Bernstein nimmt wegen seiner grofsen Verbrei-

tung unsere Aufmerksamkeit zunächst in Anspruch. Er findet sich, meist mit Braunkohlen-Trümmern gemengt, in allen Ländern, welche die *Ostsee* umgeben, jedoch seltener in den nördlichen, häufiger in den südlichen, und nicht blos an den Küsten, wo er von den Stürmen vom Grunde des Meeres losgerissen und ausgeworfen wird, sondern auch landeinwärts. In *Ost-* und *Westpreufsen* ist, nach Bock, nicht leicht ein Dorf, auf dessen Feldern nicht schon Bernstein gefunden worden wäre. Aber auch in *Lithauen, Polen, Schlesien,* in der *Mark Brandenburg* und der *Lausitz,* in *Mecklenburg, Holstein* und *Sachsen* hat man ihn vielfältig entdeckt. Er findet sich in allen Schichten des jüngeren Diluvium und des Alluvium bis zu 200 und 300 Fufs (in *Pommern*) über und bis zu 140 Fufs unter dem Meeresspiegel. Verfolgt man die Punkte, in welchen er erbeutet wurde, so sieht man, dafs sie strahlenförmig nach Einem Punkte, den Berendt in 55° n. Breite und 37° bis 38 Länge des *Ostsee*-Beckens setzt, convergiren. Auch in der Gegend von *Gmünden, Ischl* und *St. Pölten* in *Oesterreich,* in *Frankreich* [1]), in der *Schweiz,* in *Spanien,* in *Ober-Italien* und *Sicilien,* auf *Libanon,* an den Ufern des *Kaspischen* Meeres, in *Sibirien, Kamtschatka,* in *Grönland, Indien, China, Madagaskar* und *Nordamerika* hat man ihn gefunden [2]).

Obgleich die Möglichkeit der Umwandlung der Holzsubstanz in Bernstein unzweifelhaft ist: so zeigen doch die in ihm eingeschlossenen Insekten und Pflanzen, von denen oft selbst die zartesten Theile vollständig erhalten sind, dafs solcher Bernstein aus den Stämmen und Aesten von Bäumen ebenso ausgeflossen sein müsse, wie die Harze jetzt noch aus Bäumen ausfliefsen [3]). Auch das Vorkommen

[1]) In gering mächtigen Braunkohlenlagern, zwischen bituminösem Süfswasser-Kalk, findet sich Bernstein. Braunkohlen-Stücke von 1 Cub. decimeter Gröfse enthalten manchmal 40 Körner dieser Substanz. Der Kalk und die Braunkohlen sind reich an Süfswassermuscheln. Daubrée a. a. O. Dieser Bernstein ist daher nicht von submariner Bildung. Weitere Fundorte des Bernstein s. Poggendorff's Ann. Bd. LXXIX. S. 321. Nouv. Mém. de la Soc. des Natural. de Moscou. T q. p. 308.

[2]) Es ist jedoch zweifelhaft, ob die Angaben der Reisenden stets den Bernstein oder auch andere fossile Harze betreffen.

[3]) Dafür sprechen auch die von D. Brewster (Poggendorff's

des Bernstein zwischen den Jahresringen von gebräuntem und verkohltem Holze, so wie die Eindrücke von Holzfasern in Platten desselben sprechen für eine solche Entstehung. Auf der andern Seite lassen der in Pechkohle eingesprengte und mit Lagern von bituminösem Holze wechselnde Bernstein, so wie die Braunkohlen-Trümmer und die bituminöse Erde, welche sich mit dem Bernstein in seinen Lagern findet, auf eine Bildung aus der Holzsubstanz um so mehr schliefsen, da die Holzstücke gewöhnlich nicht dem Bernsteinbaume angehören, und gröfsere Stücke oder ganze Stämme nie mit dem Bernstein vorkommen [1]). Wäre er blos ein Educt, so müfste der Bernsteinbaum eine eben so grofse Verbreitung in den verschiedensten Klimaten gehabt haben, wie der Bernstein selbst. Sollte vielleicht, weil das gröfste bekannte Bernstein-Lager in dem *Ostsee*-Becken vorkommt, die fortschreitende Zersetzung der Braunkohlen in einem salzarmen Meerwasser einer Umwandlung der vegetabilischen Reste in Bernstein besonders günstig sein?

Dafs sich fossile Harze durch Zersetzung solcher Reste bilden können, zeigt entschieden der dem Bernsteine so ähnliche Retinit und Asphalt. Es ist daher sehr wahrscheinlich, dafs der Bernstein theils ein Educt, theils ein Product ist. Seine ungleiche Färbung, seine geringere oder gröfsere Durchsichtigkeit und Verwitterbarkeit deuten darauf hin. Bemerkenswerth ist, dafs der erst jüngst vom Meere ausgeworfene Bernstein kaum eine Verwitterungs-

---

Ann. Bd. XCI. S. 605) entdeckten Höhlungen mit Gasen und Flüssigkeiten im Bernstein. Die einem Hohlraume entnommene Flüssigkeit zeigte auf eine Glasplatte gestrichen Eiweifsconsistenz und trocknete zu einer gelben durchsichtigen, in der Wärme orangeroth werdenden Masse ein, welche sich in stärkerer Hitze schwärzte und zuletzt verschwand. In einem andern Stücke Bernstein mufste die Flüssigkeit leicht flüssig sein, da sie in gelinder Wärme Luftbläschen gab.

[1]) Unger a. a. O. S. 151 ff. Schrötter (a. a. O.) hält das in Aether lösliche Harz des Bernstein für das restituirte ursprüngliche Pflanzenharz, aus welchem erst der Bernstein entstanden ist, und es ist ihm nicht unwahrscheinlich, dafs die Veränderung, welche dieses Harz erlitt, nur darin bestand, dafs ein Theil desselben in Bernstein-Bitumen umgewandelt wurde. In seiner Zusammensetzung stimmt es mit dem Mastix und Elemiharz überein.

Kruste wahrnehmen läfst, während der gegrabene mit einer 1 bis 1½ Linie dicken Kruste umgeben und selbst die ganze Masse in eine bröckelige Substanz umgewandelt ist.

Der Retinit kommt viel weniger häufig in Braunkohlen vor als der Bernstein. Er bildet länglich-runde, erbsen- bis kopfgrofse Stücke, welche von einer unebenen, schmutzig-grauen Rinde umgeben sind. Er läfst nach dem Verbrennen wenig Asche zurück. Alkohol und Aether ziehen aus ihm Harze aus, die sich sehr ähnlich sind. Eine muschelige gelbe Varietät, welche im Alaunschiefer der Kreideformation *Maehrens* manchmal mehr als kopfgrofs vorkommt, nennt Schrötter Walchovit [1]). Aehnlich der Zusammensetzung des Retinit ist die des Hartin aus den Braunkohlen von *Oberhart*, nach Schrötter. An den Retinit reihen sich auch die von Johnston [2]) und Henry [3]) untersuchten Erdharze.

Folgende Arten von Bitumen wurden von Ebelmen analysirt.

	Kohlen-stoff.	Wasser-stoff.	Sauer-stoff.	Stick-stoff.	Asche.
I. *Bastennes* . . .	85,74	9,58	2,88	1,80	8,45
II. *Pontnavey* . . .	67,43	7,22	23,98	1,37	15,83
III. *Pont du Chateau*	77,52	9,58	10,53	2,37	1,80
IV. Gegend von *Neapel*	81,83	8,28	8,83	1,06	5,13 [4])

Wie sehr verschieden das Bitumen zusammengesetzt ist, zeigen diese Analysen. I kommt der Zusammensetzung der Steinkohlen mit dem geringsten Sauerstoffgehalt sehr nahe; sein Wasserstoff übertrifft aber das Maximum desselben in den Steinkohlen noch um 2,4 %. II hat eine grofse Aehnlichkeit mit der Zusammensetzung der Braunkohlen von grofsem Wasserstoffgehalt. III kommt der Zusammensetzung des Bernstein und IV der des Asphalt sehr nahe. So verschieden daher die Zersetzungs-Processe der vegetabilischen Substanzen in ihren Eigenschaften sind, so we-

---

[1]) Dritter Jahresbericht über den Werner-Verein. S. 75.

[2]) L. and Edinb. phil. Mag. 1838. March and July.

[3]) Journ. de Chim. méd. 1825.

[4]) Das Bitumen zu *Bechelbronn* kommt vorzugsweise in einem Süfswasser-Kalk vor. Daubrée Neues Jahrb. 1853. S. 739.

nig verschieden können sie gleichwohl in ihrer Zusammensetzung sein. Die nahe Uebereinstimmung zwischen dem Bernstein und dem Bitumen III bietet einen Wahrscheinlichkeits-Grund mehr, sich jenen als ein Zersetzungsproduct zu denken.

Der Asphalt, welcher zu den nicht seltenen organischen Ueberresten gehört, kommt in jüngeren sedimentären Formationen, zuweilen in grofsen Lagern vor. Auf der Insel *Trinidad* findet sich, nach Webster[1]), ein von einer äufserst üppigen Vegetation von farrenkrautähnlichen Pflanzen umgebenes Lager von einer engl. Meile Länge[2]).

Wie sich bei der Zersetzung vegetabilischer Substanzen Kohlenwasserstoffgas bildet, so entstehen auch liquide

[1]) Edinb. new Phil. Journ. T. XVIII. p. 331.

[2]) Seit langer Zeit ist unter den Autoren die Meinung herrschend, dafs das *Todte* Meer bedeutende Quantitäten Asphalt liefere. Die Untersuchungen von Robinson und Smith (Reports of the association of american geologists etc. Boston 1843. p. 371) machen es aber wahrscheinlich, dafs, was auch in früheren Zeiten der Fall gewesen sein mag, in der Jetztzeit der Asphalt nur selten in grofser Menge dort gefunden wird; obgleich kleine Fragmente am Ufer gelegentlich abgeschlagen werden. Smith's vollkommene Kenntnifs der arabischen Sprache gab ihm Gelegenheit, von den dortigen Bewohnern Erkundigungen einzuziehen. Die Araber theilten ihm mit, dafs nur nach Erdbeben bedeutende Massen Bitumen im Wasser schwimmend angetroffen werden. Nach dem Erdbeben von 1834 trieb eine grofse Menge gegen die Küste, nahe dem südlichen Ende des Meeres, wovon die Araber ungefähr 6000 Pfd. sammelten. Eine Masse, gleich einer Insel oder einem Hause, stieg nach dem Erdbeben von 1837 an die Oberfläche, wovon die Einwohner bis zum Betrage von 3000 Dollars verkauften. Dies sind die einzigen, dem in der Nachbarschaft wohnenden Sheikh von *Jehalin*, einem 50 Jahre alten Manne, bekannten Fälle. Auch von Seiten seines Vaters ist ihm kein anderer Fund solcher Art bekannt geworden. Unter den Arabern herrscht zwar die Tradition, dafs der Asphalt aus Felsen an der östlichen Küste des *Todten* Meeres ausschwitze; es sind aber gute Gründe vorhanden, an einem solchen Vorkommen zu zweifeln.

Wenn der Asphalt im *Todten* Meer nach Erdbeben auf die Oberfläche kommt, so mufs man vermuthen, dafs er auf seinem Boden abgelagert ist, und dafs er durch Erschütterungen desselben losgerissen wird. Sein spec. Gewicht fällt zwischen 1,07 und 1,16, das des Wassers des *Todten* Meeres ist aber 1,19; es ist daher begreiflich, dafs er auf die Oberfläche kommen mufs.

und feste Verbindungen aus Kohlenstoff und Wasserstoff. Naphta und Petroleum oder Steinöl, Bergtheer, elastisches Erdpech (Elaterit), Bergtalg, Ozokerit u. s. w. sind solche Zersetzungs-Producte.

Das Steinöl, welches an sehr vielen Orten, am häufigsten in *Asien*, namentlich am nordwestlichen Ufer des *Kaspischen* Meeres bei *Baku* vorkommt, findet sich an letzterer Stelle in einem Thonmergel. Es sammelt sich daselbst in Brunnen, welche 30 Fuſs tief gegraben werden. Im Lande der *Birmanen* sind in einem kleinen District bei *Kainanghong* mehr als 500 solcher Brunnen. Das Erdreich besteht aus einem sandigen Thon, unter welchem ein mächtiges Lager von mit Steinöl getränktem Schieferthon und unter demselben Steinkohlen liegen. Bei *Coalbrookdale* in *England* entspringt Steinöl aus einem Steinkohlen-Flötz. An verschiedenen anderen Stellen, wie zu *Amiano* im Herzogthum *Parma*, bei *Modena* und *Piacenza*, in der Nähe des *Tegernsee* in *Baiern* u. s. w. kommt es gleichfalls vor. Der Kalkspath in den Drusenräumen der Alaunschiefer-Lager enthält öfters ein der Naphta ähnliches Oel, welches sich beim Reiben oder Pulvern durch den Geruch zu erkennen gibt. Es scheint ein Product der vegetabilischen Ueberreste zu sein, woraus die brennbare Substanz des Alaunschiefers entstanden ist.

Da das Petroleum Paraffin, ein Product der trocknen Destillation von Pflanzensubstanzen, enthält: so schloſs man, daſs es gleichfalls ein Destillations-Product aus Steinkohlen sei. Nach den bisherigen Beobachtungen über die Temperatur-Zunahme nach dem Innern würden Steinkohlen-Lager, welche in einer Tiefe von ungefähr 8000 Fuſs liegen, der Siedhitze des Wassers ausgesetzt sein. Es wäre daher zu denken, daſs aus solchen Steinkohlen-Lagern Petroleum destilliren und in den höheren Punkten sich condensiren könnte. In diesem Falle müſste aber das Petroleum da, wo es in so bedeutenden Mengen vorkommt, wie in *Asien*, und ebenso auch das von ihm durchdrungene Erdreich sich längst schon bis nahe zur Siedhitze erwärmt haben. Nach Abich's Beobachtungen (S. 726) ist dies jedoch keineswegs der Fall.

Der Bergtheer findet sich in *Persien*, in *Frankreich*

und an mehreren anderen Stellen. Der von *Bechelbronn* im *Elsafs* kommt in einem Sandlager (?) vor. Das elastische Erdpech ist ein seltenes Zersetzungsproduct vegetabilischer Substanzen. Bei *Montrelais* in *Frankreich* und bei *South-Bury* in *Massachusets* findet es sich in der Steinkohlen-Formation. Auch der Bergtalg (Hatchetin, Scheererit) kommt sehr selten vor. Bei *Merthyr-Tydvil* in *England* füllt er kleine von Kalkspath umgebene Gänge in dem dortigen zur Steinkohlen-Formation gehörenden Eisenerz aus. Bei *Loch-Tyne* in *Schottland* schwimmt er in einem Torfsumpf auf Wasser. Bei *St. Gallen* in der *Schweiz* durchtränkt er zum Theil Braunkohlen und fossiles Holz. Im Uebergangskalkstein der Gegend von *Beaulieu* in *Frankreich* kommt er in Drusen im Kalkspath vor. Zu *Idria* findet er sich in dem Quecksilber-Lebererz. Auch der Ozokerit von *Slanik* in der *Moldau*, welcher hier in mächtigen Massen vorkommt, ist eine Art von Bergtalg.

Gleichfalls zu den Kohlenwasserstoff-Verbindungen gehört der Fichtelit an Stämmen von Föhrenholz in einem Torflager bei *Kedwitz*, der Hartit an Stämmen aus den Braunkohlen von *Oberhart*, der Könlit von *Utznach* und das Tekoretin in den Fichtenstämmen aus den Sümpfen von *Holtegaard*.

Wo sich solche Kohlenwasserstoff-Verbindungen in Stein- und hauptsächlich in Braunkohlen finden, da kann die Umwandlung der vegetabilischen Substanzen nach dem Fall I (S. 777) gedacht werden. Sind sie, wie das Petroleum, der Bergtheer von *Bechelbronn*, das elastische Erdpech, das Idrialin, der Hartit, das Tekoretin, der Fichtelit, der Könlit reicher an Kohlenstoff, als das Kohlenwasserstoffgas: so wird durch ihre Bildung der Holzsubstanz bei weitem mehr Kohlenstoff entzogen, als wenn sich Kohlenwasserstoffgas bildet. Sind sie, wie der Scheererit, ebenso zusammengesetzt wie das Kohlenwasserstoffgas: so kann die Umwandlung nach dem Fall I gedacht werden; nur dafs der Kohlenwasserstoff nicht als Gas entweicht, sondern sich in fester Form abscheidet.

Wie die vorhergehenden Substanzen, mit Ausnahme des Scheererit, vom Kohlenwasserstoffgas verschiedene Kohlenwasserstoff-Verbindungen sind, die sich während der Zer-

setzung der vegetabilischen Ueberreste ausscheiden: so ist die Honigsteinsäure ein in ihrer Zusammensetzung von der Kohlensäure verschiedenes Zersetzungsproduct. Dafs sich indefs dieses Kohlenoxyd weit seltener, als jene Kohlenwasserstoff-Verbindungen bildet, und dafs daher ganz eigenthümliche Bedingungen zu seiner Bildung erforderlich sind, zeigt sein überaus seltenes Vorkommen; denn man findet es nur in den Braunkohlen zu *Artern* in *Thüringen*, zu *Luschitz* in *Böhmen*, und in der Kohle des Quadersandsteins zu *Walchow* in *Mähren* im Mellit. Dasselbe gilt von der Oxalsäure im Oxalit, welcher sich an einigen Orten in den Braunkohlen findet.

Die vorstehenden Untersuchungen führen zu einer wahrscheinlichen Ansicht über die Entstehung mancher Kohlensäure-Exhalationen. Wenn nach dem Fall III die Umwandlung der Holzsubstanz in Steinkohlen erfolgt: so entwickelt sich reine Kohlensäure ohne Kohlenwasserstoffgas. Die Kohlensäure-Exhalationen aus den jüngeren sedimentären Formationen lassen sich auf diese Weise erklären, weil die Wahrscheinlichkeit vorliegt, dafs unter denselben das Steinkohlengebirge verborgen ist. So geringe Mengen Kohlenwasserstoffgas, als sich bei der Umwandlung in Anthracit entwickeln würden, entgehen der Analyse der Kohlensäure-Exhalationen, wenn nicht die Aufmerksamkeit besonders darauf gerichtet wird. Uebrigens haben wir gesehen (S. 727), dafs solche Minima in neuester Zeit in mehreren Exhalationen aus Quellen wirklich gefunden worden sind.

Braunkohlen in der Form des bituminösen Holzes, welche bei *Pützchen*, *Bonn* gegenüber, auf der rechten *Rheinseite* vorkommen, absorbiren Sauerstoffgas ohne Entwicklung von Kohlensäuregas. Als ich Stücke dieses bituminösen Holzes in der Grube in eine verkorkte Flasche einschlofs, zeigte sich nach acht Tagen eine Absorption von 11 % Sauerstoffgas. Ob das bituminöse Holz wie gewöhnliche Holzkohle wirkt, bleibt weiteren Untersuchungen vorbehalten. Letztere absorbirt bekanntlich unaufhörlich fort Sauerstoffgas und bildet Kohlensäuregas, welches sie absorbirt behält. Sollte vielleicht der vom bituminösen Holze absorbirte Sauerstoff mit dessen Wasserstoff Wasser

bilden? — Diese Absorption erklärt die in Braunkohlen-Gruben nicht selten vorkommende verdorbene Luft, in welcher die Lampen schlecht brennen[1]).

Dieses bituminöse Holz wandelt sich an der Luft in kurzer Zeit in die schönste Pechkohle mit vollkommen muschelichem Bruche und ihrem eigenthümlichen Fettglanze um[2]). Eine so schnell unter unsern Augen erfolgende

---

[1]) R. F. Marchand (Journ. für pract. Chemie. Bd. XLIX. S. 467) untersuchte die Zusammensetzung der Luft in den Braunkohlen-Gruben zu *Zscherben* bei *Halle*. Er fand am Eingange des Stollens in der Luft 20,919 % und 300 Schritte davon entfernt im Stollen 20,521 % Sauerstoff. Von da an verminderte es sich fortwährend und an einer Stelle, wo die Lampen erloschen, zeigten sich nur noch 15,23 % Sauerstoffgas. Kohlenoxydgas oder Kohlenwasserstoffgas konnten nicht aufgefunden werden. Nach Marchand sollen es die in der Braunkohle enthaltenen Eisenkiese sein, welche die Sauerstoff-Absorption bedingen.

Es ist nicht in Abrede zu stellen, dafs die Eisenkiese Antheil an dieser Absorption haben; nach meinen Versuchen ist aber zu vermuthen, dafs die Braunkohlen selbst am meisten Sauerstoffgas absorbiren. Dafs dieses Gas nicht, oder doch nur in ganz unbedeutenden Verhältnissen, den Kohlenstoff oxydirt und Kohlensäure entwickelt wird, ergibt sich daraus, dafs diese in den untersuchten Luftproben nur bis zu 0,22 % stieg, und dies entspricht auch meinen Versuchen. Ob in den Gruben zu *Zscherben* eine Umwandlung in Pechkohle oder etwas diesem Aehnliches sich zeigt, ist mir nicht bekannt.

[2]) Diese Umwandlung ist wesentlich durch das Austrocknen bedingt; denn bringt man das bituminöse Holz zugleich mit Schwefelsäure unter die Luftpumpe: so wandelt es sich viel schneller als in der Luft in Pechkohle um. Die in der verkorkten Flasche eingeschlossenen Stücke hatten sich, da sie darin nicht austrocknen konnten, nicht im mindesten verändert. Geht die Umwandlung in trockner Luft von Statten, so scheint sie durch das Austrocknen und durch die Sauerstoff-Absorption zugleich zu erfolgen; denn einige Stücke, welche in einem geheizten Zimmer eilf Tage lagen, wandelten sich viel vollständiger in Pechkohle um, als die unter der Luftpumpe gelegenen. Da das bituminöse Holz unter einem Thonlager liegt, welches den Zutritt der Luft verhindert: so kann es hier nicht austrocknen und nicht in Pechkohle umgewandelt werden, sondern erst, wenn es zu Tage kommt. Die in manchen Braunkohlen-Lagern, wie z. B. am *Meifsner* in *Hessen* vorkommenden schon völlig ausgebildeten Pechkohlen mögen daher Umständen ausgesetzt gewesen sein, welche ihr Austrocknen möglich gemacht haben.

Formveränderung vegetabilischer Ueberreste, und ein so völliges Verschwinden der Holztextur ist, da die chemischen Veränderungen der Holzfaser so äufserst langsam erfolgen, eine sehr merkwürdige Erscheinung. Sie verdient, da sie Aufklärung mancher bis jetzt noch dunkeler Verhältnisse bei der Braunkohlen- und Steinkohlen-Bildung verspricht, weitere Untersuchungen [1]).

Die Frage ist aufzuwerfen, ob eine völlige Zerstörung der vegetabilischen Materie, d. i. ihre vollständige Zersetzung in binäre Verbindungen ihrer Elemente möglich ist? Die erste Veränderung, welche die dem Wasser ausgesetzten vegetabilischen Substanzen erleiden, besteht in dem Verluste ihrer löslichen Bestandtheile. Die unter Wasser befindlichen Substanzen verlieren dieselben am schnellsten. Was vom Wasser ausgezogen wird, befindet sich unter den günstigsten Umständen zur Zersetzung, besonders wenn es stickstoffhaltige Substanzen theils aufgelöst, theils suspendirt enthält, wie die geistige, saure und faule Gährung zeigt.

Der Rückstand nach der Extraction der löslichen Bestandtheile der Pflanzensubstanzen, die Holzfaser, kommt bei der Bildung der Stein- und Braunkohlen vorzugsweise in Betracht. Wenn selbst aller Sauerstoff in Verbindung mit Kohlenstoff entweicht: so bleibt von diesem in der Holzfaser doch immer noch eine beträchtliche Menge zurück. Dieser rückständige Kohlenstoff könnte möglicher Weise nur durch freien Sauerstoff oxydirt werden, der jedoch, wenn die Steinkohlen unter dem Meere liegen, oder nach der Erhebung über dasselbe, zwischen dichten Schichten eingeschlossen sind, nur einen sehr beschränkten Zutritt haben kann. Die Erfahrung lehrt aber, dafs die Kohle, mag sie durch gewöhnliche Verkohlung des

---

Nicht die ganze Menge der Braunkohlen, welche auf jener Grube gewonnen werden, erleiden die gedachte Veränderung, sondern nur ungefähr der dritte Theil. An anderen Stellen der dortigen Lagerstätte ist sie früher niemals beobachtet worden. Das bituminöse Holz, welches an der Luft zu Pechkohle wird, unterscheidet sich im noch feuchten Zustande nicht von jedem anderen bituminösen Holze, welches dieser Umwandlung nicht unterworfen ist.

[1]) Vgl. Casselmann a. a. O. S. 761.

Holzes oder auf nassem Wege entstanden sein, zu den unveränderlichsten Substanzen gehört. Vor ungefähr hundert Jahren fand man zugespitzte Pfähle in der *Themse* an demselben Orte, wo nach Tacitus die Briten eine grofse Anzahl solcher Pfähle eingerammelt hatten, um Julius Caesar's Uebergang mit seiner Armee zu verhindern [1]). Sie waren alle bis zu einer beträchtlichen Tiefe verkohlt, hatten ihre Gestalt völlig erhalten und waren in ihrem Innern so fest, dafs Messerschalen aus ihnen verfertigt werden konnten.

Da eine chemische Analyse dieser Pfähle nicht vorliegt: so ist nicht zu entscheiden, ob dieselben blos verkohlt, oder vielleicht mehr oder weniger versteinert waren. Könnten die unter Wasser oder zwischen Gesteinschichten befindlichen Pflanzenreste völlig zerstört werden: so würden wir keine Steinkohlen, deren Alter nicht nach Tausenden, sondern nach Millionen Jahren zu rechnen ist, finden.

Nichts desto weniger sehen wir aber, wie unter gewissen Umständen die Holzfaser vollständig oder wenigstens bis auf ganz unbedeutende Reste verschwinden kann. Dies zeigen die Versteinerungen, welche nichts anderes als Verdrängungen organischer Materie durch unorganische Substanzen sind [2]).

---

[1]) Chemisches Wörterb. von Klaproth u. Wolff. Bd. III. S. 269.

[2]) Im versteinerten Holze finden wir kaum noch Spuren von der ehemaligen Holzsubstanz; die Analysen der Holzopale zeigen dies. In dem versteinerten Holze von *Lough Neagh* (S. 316), welches noch vollkommene Holzstructur zeigt, fand ich weniger organische Substanzen, als gewöhnlich in sedimentären und selbst in krystallinischen Gesteinen enthalten sind. Solche versteinerte Hölzer erscheinen als Pseudomorphosen, in denen mit Beibehaltung der äufseren Form und der innern Structur die Holzsubstanz durch das Versteinerungsmittel verdrängt worden ist. Mit den Steinkohlen verhält es sich anders: hier sind die ursprünglichen unorganischen Bestandtheile der Pflanzensubstanz verdrängt worden und andere an ihre Stelle getreten. Zeigen sich in ihnen noch Pflanzenzellen oder Holzstructur: so erscheinen auch sie gewissermafsen als Pseudomorphosen, in denen die unorganischen Bestandtheile verdrängt worden sind, und die Pflanzensubstanz im veränderten Zustande zurückgeblieben ist. Entsprechen, wie in den von Kremers und Taylor angeführten Fällen, die unorganischen Bestandtheile der Kohlenlager denen, der mit ihnen

Sehen wir, wie selbst die unlöslichsten unorganischen Substanzen, z. B. schwefelsaurer Baryt, durch andere unorganische Stoffe verdrängt werden können: so müssen wir es für möglich halten, dafs auch die eben so unlösliche Holzfaser oder die durch Zersetzung aus ihr hervorgegangene Kohle verdrängt werden könne. Später werden wir indefs mehrere Gründe beibringen, wonach die Holzfaser aus versteinerten Hölzern nicht durch eine einfache Verdrängung, sondern durch einen Zersetzungsprocefs entfernt worden sein dürfte.

Wie jetzt noch die grofsen amerikanischen Ströme, welche durch weite Strecken uncultivirten Landes fliefsen, bedeutende Massen Treibholz mit sich führen, so haben es alle Ströme damals, wo die Wälder bis an die Ufer reichten, dem Meere zugeführt. Ganz anders haben sich die Verhältnisse durch die Cultur des Landes gestaltet. Die Ufer der Ströme wurden Acker- und Wiesenland, die Wälder zurückgedrängt. Daher verschwindet die Menge des Treibholzes, welche die durch cultivirte Länder fliefsenden Ströme jetzt noch mit sich führen, gegen die, welche sie in vorhistorischen Zeiten mit sich geführt haben. Nicht blos die durch Wasserfluthen entwurzelten Bäume und Gesträuche, sondern auch die vermoderten, in feine Theile zertheilten Pflanzensubstanzen gelangten in die Ströme und wurden in das Meer geführt. Jeder kleine Bach, alle zur Regenzeit und nach dem Schmelzen des Schnee's den Strömen zufliefsenden Gewässer beluden sich damit. Damals, wo der gröfste Theil des Bodens mit einer Pflanzendecke überzogen war, führten diese Gewässer fast nur vermoderte Pflanzensubstanzen fort, während sie sich

---

alternirenden Schieferthon-Lagern: so kann von einer eigentlichen Verdrängung jener durch diese nicht die Rede sein; denn da der Schieferthon ein mechanischer Absatz ist: so müssen auch die zur Steinkohlensubstanz getretenen unorganischen Stoffe ein solcher sein. Schwebende Substanzen in Gewässern können nicht in eine feste Holzsubstanz dringen; dieselbe mufs daher durch Fäulnifs so erweicht worden sein, dafs sich mit ihr jene schwebenden Bestandtheile innig mengen konnten. Wie sich unter diesen Umständen noch Pflanzenzellen oder Holzstructur unter dem Miskroskope zeigen können, ist freilich schwierig einzusehen.

jetzt mit bei weitem mehr unorganischen Bestandtheilen des bebauten Ackerbodens, als mit organischen Ueberresten, deren Menge, da die Pflanzen geerndtet werden, nur gering ist, beladen. Bei der Analyse der schwebenden Theile oder des Absatzes der Flüsse findet man sie aber, und in den schwebenden Theilen der *Weichsel* steigen sie (inclus. des Wassers) bis auf 23,2% (S. 275), was den (S. 276) angeführten Grund haben mag.

Von demselben Gesichtspunkte ausgehend betrachtet Leop. von Buch[1]) die Braunkohlen-Formation als eine Bildung durch Bäche und Ströme, durch welche Blätter und Bäume der Wälder auf der Höhe in Becken und Meerbusen der Binnen-Meere geführt, und im Schlamme derselben versenkt wurden.

In den Alpenseen müssen jetzt noch aus den ihnen durch die von bewaldeten Höhen herabkommenden Bäche zugeführten vermoderten Holztheilchen und Baumstämme Braunkohlen-Bildungen stattfinden. Seit Jahrtausenden bedecken undurchdringliche Wälder die schroffen, von Felsenvorsprüngen und Abgründen so umgebenen Abhänge des *Pilatusberg*, dafs die Thalbewohner nie eine Axt dahin brachten, und die Waldung, sich selbst überlassen, nutzlos emporwuchs[2]). Welche bedeutende Massen vermoderter Holzerde müssen dort jährlich von den Gewässern in den *Vierwaldstättersee* geführt und darin abgesetzt werden!

Baumstämme schwimmen im Wasser, wenn sie aber mit ihren oft mit Erde und Steinen beladenen Wurzeln versehen sind: so sinken sie, namentlich wenn sie mit Wasser durchdrungen sind, unter. Die Baumstämme, wie das Treibholz des *Mackenzie*-Flusses in *Stave-Lake* zeigt[3]), faulen nach und nach, bis sie in eine schwärzlichbraune, dem Torfe ähnliche Substanz umgewandelt sind, und Lager derselben wechseln oft mit Thon- und Sandlagern. Das Ganze ist von den langen faserigen Wurzeln der Weiden durchdrungen, welche auf diesen Stämmen wachsen, sobald sie über das Wasser kommen. Absätze dieser Art

---

[1]) Lagerung der Braunkohlen in Europa. Berlin 1851.
[2]) Gilbert's Ann. Bd. LXII. S. 102.
[3]) Dr. Richardson in Lyell's Principles. p. 716.

würden, bemerkt Lyell, ein vortreffliches Bild eines Kohlenlagers mit Pflanzenabdrücken von Weidenwurzeln gewähren. Die Ufer des *Mackenzie*-Flusses stellen fast überall horizontale Lager von Holzkohle dar, welche mit bituminösem Thon, Gerölle, Sand und zerreiblichem Sandstein wechseln: es sind Profile von solchen Absätzen, wie sie sich auf dem Boden der Seen bilden, welche er durchfliefst. Es kann nicht fehlen, dafs diese Holzkohle, nach ihrer Umwandlung in jene schwärzlichbraune Substanz, während des hohen Wasserstandes abgerieben und in das Meer geführt wird. Eine sehr bedeutende Quantität von Treibholz findet sich an der Mündung des *Mackenzie*-Flusses in das Meer.

Wenn das Holz der Baumstämme durch Vermoderung oder auch durch mechanische Zertheilung zu feinen Partikelchen wird, sinkt es in ruhigem Wasser nieder. Dies ist nicht nur bei dem schweren Eichen-, Buchen-[1]) und Kiefern-, sondern auch beim Weidenholz der Fall; nur noch nicht ganz vermoderte Holzfasern schwimmen auf dem Wasser. Vermodertes, schwammiges, manchmal ganz gebleichtes Buchenholz, in welches der Kern der Stämme häufig umgewandelt ist, sinkt darin, wenn zu Pulver geschabt, bald, in gröfseren Stücken jedoch erst nach mehreren Tagen nieder. Eine dunkelbraune Holzerde, welche ich in einem Walde nach starkem Regen auf die Wege geschlämmt fand, und von vermodertem Heidekraut herrührte, sank gleichfalls im Wasser nieder. Feilspähne von Eichen-, Tannen- und Pappelholz sinken nieder; Splitter schwimmen aber auf dem Wasser. Selbst fein zerriebene dürre Blätter sinken darin nieder. Auch im specifisch schwereren Meerwasser sinken die vermoderten oder mechanisch zertheilten Holzpartikelchen nieder. Es ist unzweifelhaft, dafs blos die Luft im Holz durch Wasser verdrängt zu werden braucht, um es zum Niedersinken zu bringen.

Im bewegten Wasser der Flüsse können die vermo-

[1]) Das spec. Gew. des luftfreien Eichen- und Buchenholzes ist = 1,53; wird daher durch längeres Schwimmen im Wasser die Luft im Holz durch das Wasser fortgetrieben, so sinkt es unter.

derten Pflanzentheilchen nicht, oder doch nur momentan zum Absatze kommen; sie werden daher den Seen und Meeren zugeführt und sinken in ruhigem Wasser nieder. Ebenso verhalten sich die durch den Wellenschlag und durch die Fluth von den Küsten dem Meere zugeführten vermoderten Pflanzentheilchen.

Der Moniteur de la Flotte brachte 1857 eine Notiz über die bekannten Tangwiesen, welche sich zwischen den *Azoren*, den *Canarischen* Inseln und den Inseln des *Capverde* auf einer Fläche, so grofs wie das *Mississippi*-Gebiet ausbreiten, und die schon Columbus in Verlegenheit setzten.

Gehen diese Tangen nach und nach in Fäulnifs über und sinken dann im Meere nieder, so bilden sie Absätze von vegetabilischem Detritus und liefern das Material zur Steinkohlenbildung.

Obgleich diese organischen Substanzen nur wenig specifisch schwerer als das Wasser, dagegen die in Flufswasser schwebenden unorganischen Theilchen $2\frac{1}{2}$ bis 3mal so schwer als dieses sind; so sinken doch jene in ungleich kürzerer Zeit als diese nieder. Trübes Rheinwasser klärte sich erst nach vier Monaten (S. 499). Wenn daher gleichzeitig dem Meere vermoderte vegetabilische und fein zertheilte unorganische Substanzen zugeführt werden: so sinkt mit jenen sehr wenig von diesen nieder. Daher betragen die unorganischen Bestandtheile der Steinkohlen stets viel weniger als die kohligen, wie die Analysen der Stein- und Braunkohlen zeigen.

Es ist leicht zu begreifen, dafs in vorhistorischen Zeiten die vermoderten Pflanzensubstanzen, der vegetabilische Detritus, welche den Strömen zugeführt wurden, bei weitem mehr betragen haben müssen als die Bäume, die als solche in dieselben gelangten; denn nur die am Ufer der Ströme gewachsenen und auf steilen Abhängen losgerissenen Bäume kamen als solche in dieselben, nicht aber diejenigen, welche auf Hochebenen und auf wenig geneigten Abhängen abstarben. Erst nachdem diese vermodert waren, wurden sie von den Gewässern fortgeführt. Das Areal der Hochebenen und der wenig geneigten Abhänge ist aber, wenn die Ströme in engen Thälern fliefsen,

bei weitem gröfser als das der noch überflutheten Ufer und das der steilen Abhänge. So wie die auf wenig geneigten Abhängen liegenden Felsblöcke erst dann den Strömen zugeführt werden, wenn sie durch Zersetzung in Erde zerfallen sind: so verhält sich's auch mit den dort abgestorbenen und durch ihre Wurzeln sogar noch am Boden befestigten Bäumen.

Niemand zweifelt, dafs die Gesteine der Continente und der Inseln das Material zu den sedimentären Bildungen im Meere geliefert haben und noch liefern. Grofse Massen von Gesteinen mufsten mechanisch und chemisch zersetzt worden sein, damit dem Meere durch die Gewässer so viel zugeführt werden konnte, als zur Bildung der mächtigen Lager, welche mit den Kohlenflötzen wechseln, erforderlich war. Lange Perioden waren hierzu nöthig, und während derselben sind die Vegetationen immer wieder zerstört worden. War es vorzugsweise das Uebergangsgebirge, von welchem die Gesteinschichten der grofsen Steinkohlenformation abstammen: so müfsten sich auf demselben die reichen Ueberbleibsel der vielen zerstörten Vegetationen wieder finden, wenn sie nicht fortgeführt worden wären. Wir finden aber in der häufig wenig fruchtbaren Erde auf diesem Gebirge nur spärliche Ueberreste jener zerstörten Vegetationen.

Liegt es nicht sehr nahe, diese Ueberreste, welche wir zwischen den sedimentären Gesteinen der grofsen Steinkohlenformation, die auf die Bildung des Uebergangsgebirges folgte, in so grofsen Mengen finden, für das zu halten, was wir auf den Hochebenen und an den Abhängen der Gebirge vergebens suchen?

Wenn die Reste des Pflanzenwachsthums einer langen Reihe von Jahren die Erde und die Gesteine bis zu solcher Höhe bedeckt hätten, dafs selbst die längsten Wurzeln der Bäume nicht mehr in dieselben hätten dringen können: so würde Mangel an den, den folgenden Vegetationen nöthigen unorganischen Bestandtheilen eingetreten sein. Die Regenwasser, welche aus der heutigen Dammerde diese Stoffe mit Leichtigkeit auflösen und den Pflanzen zuführen, hätten damals nur die spärlichen Mengen, welche die früheren untergegangenen Vegetationen zurückhielten,

dem Wasser zeigt, wie jene, sehr wenig gemengt mit diesen, in dem auch sehr damit beladenen Meere niedersinken. Es kann sogar eine Sonderung der im Wasser schwimmenden gröfseren Pflanzentheile von den suspendirten vermoderten, kleineren eintreten; denn diese sinken im ruhigen Wasser sogleich, jene erst nach längerer Zeit nieder.

Beweise für die rein sedimentäre Bildung der Steinkohlen auf dem Grunde der ehemaligen Meere finden wir in ihrer mechanischen Structur, in ihren unorganischen Bestandtheilen und in der Beschaffenheit der Schichten in unmittelbarem Contact mit den Steinkohlenflötzen. Hierüber verdanken wir trefflichen Geologen viele schätzenswerthe Beobachtungen. Besonders wichtig sind die von Henry Rogers[1]) mitgetheilten Untersuchungen der *Appalachian*-Kohlenformation in den *Vereinigten Staaten,* welche bei weitem die ausgedehnteste unter allen bis jetzt bekannten ist. Die Vergleichung der Kohlenflötze in anstofsenden Bassins überzeugte ihn, dafs sie nur abgesonderte Theile einer einzigen zusammenhängenden Niederlage sein können. Die physikalische Structur der ganzen Formation bestätigt diese Ansicht vollkommen: denn sie ist durchaus auf derselben Unterlage gleichförmig aufgelagert. Nach einer mäfsigen Schätzung bedeckt diese grofse Steinkohlen-Niederlage eine Fläche von 63000 Quadratmeilen (englische?). Würde es zu begreifen sein, fragt Rogers, dafs irgend ein See, ein Meerbusen oder eine Strom-Mündung ein so ausgedehntes Sediment hätte aufnehmen, oder dafs irgend ein Flufs oder mehrere Flüsse ein solches Delta hätten bilden können?

Jedes Kohlenflötz dieser Formation besteht aus einem unzähligen Wechsel von sehr dünnen Lagen glänzender und unreiner Kohle, wovon letztere sehr fein zertheilte erdige Theile enthält. In mehreren der reineren Flötze sind die am wenigsten glänzenden Lagen aus kleinen Lamellen reiner faseriger Kohle zusammengesetzt, worin die eigenthümliche Textur von Blättern, und selbst die Rinde der Pflanzen, die einen Theil der vegetabilischen

[1]) A. a. O.

Substanzen geliefert haben, erkannt werden kann. Diese Zertheilung der Kohlenmasse verbreitet sich, im Vergleich mit ihrer geringen Dicke, über erstaunlich grofse Flächen, und man überzeugt sich, dafs eine etwa 1/4 Zoll dicke glänzende Lage unmöglich von schwimmenden Baumstämmen oder Theilen baumartiger Pflanzen, mögen sie auch noch so sehr zusammengedrückt worden sein, herrühren könne. Wird ein grofser Block Steinkohle in feine Theile sorgfältigst zerschnitten: so zeigt sich sehr selten, wenn jemals, die geringste Spur einer Bildung aus den festeren Theilen der Bäume, wenn auch viele Fragmente von Laub u. s. w. vorhanden sind.

Diese Beschreibung entspricht ganz der unzweifelhaften Vorstellung, dafs neben grofsen Massen vermoderter Pflanzentheile, welche durch ihre Umwandlung in Steinkohle ihre kaum noch erkennbare vegetabilische Textur verloren hatten, andere, welche dieselbe noch besafsen, sparsam zerstreut aus dem Meerwasser niedergesunken sind. Dafs sich die feinen erdigen Theile nicht ohne Ausnahme schwebend erhalten haben, zeigen die dünnen Lagen unreiner Kohle.

Wir stimmen mit Rogers darin überein, dafs schwierig zu begreifen wäre, warum die Kohlen nicht vorzugsweise aus den gröfseren Theilen der Bäume, aus den Stämmen und Wurzeln bestehen sollten, wenn diese in das Meer geschwemmten Theile das Material geliefert hätten. Wir müssen dies jedoch so weit beschränken, dafs allerdings eine Umwandlung der Baumstämme, als solcher, schwierig zu begreifen ist; dafs sie aber, wenn sie sich, wie die erwähnten Baumstämme im *Mackenzie*-Flusse, vorher in eine schwärzlichbraune, dem Torfe ähnliche Substanz umgewandelt hatten, ebenso Material zur Bildung der Steinkohle liefern konnten, wie Blätter und andere feine Theile der Pflanzen, erscheint nicht zweifelhaft.

Das unterste Glied der *Appalachian*-Kohlenformation ist ein mächtiges Lager von ungewöhnlich reiner Kohle, das mittlere ein ungefähr einen Fufs dickes Lager von feuerfestem Thon, das oberste ein zwei bis drei Fufs dickes Lager aus wechselnden Schichten von Kohle und feuerfestem Thon. Diese drei Glieder finden sich fast

durchgängig in der ganzen Ausdehnung vom östlichen bis zum westlichen Ausgehenden der dortigen Steinkohlenformation. Ein solches lehrreiches Verhältnifs läfst entschieden auf gleichförmige Bedingungen, unter welchen diese Lager gebildet wurden, schliefsen.

In mehreren der reinsten dieser Kohlenflötze betragen die erdigen Theile weniger als 1 bis 2 %. Dies ist in völliger Uebereinstimmung mit dem schnellen Niedersinken der vermoderten Pflanzentheile und dem äufserst langsamen der unorganischen Stoffe. Eine so ganz unbedeutende Menge erdiger Theile hält Rogers für unvereinbar mit der Vorstellung einer Bildung der Steinkohlen aus suspendirten vegetabilischen Substanzen, indem diese von bedeutenden Quantitäten jener Theile, welche in den Delta-Absätzen so vorherrschend und in den Flötzen des *Atchafalaya*[1]) selbst mit Treibholz gemengt sind, hätten begleitet sein müssen. Dagegen ist aber zu bemerken, dafs zuerst der vegetabilische Detritus, dann die erdigen Theile und zuletzt die Baumstämme niedersanken. Jede dieser schwimmenden Substanzen bildete daher abgesonderte Lager. Waren aber die erdigen Theile von gröberem Korn: so sanken diese zuerst nieder[2]).

---

[1]) Nach Ch. Lyell (Principles of Geology; seventh Edit. p. 213) führt der *Atchafalaya*, ein Arm des *Mississippi*, eine bedeutende Menge Treibholz mit sich, welches in ungefähr 38 Jahren vor 1816 ein zusammenhängendes Lager von 10 Meilen Länge, 220 Yards Breite und 8 Fufs Dicke bildete. Solche ungeheure Massen Treibholz werden daher unter gewöhnlichen Umständen in den Absätzen des Meeres und der Flufsmündungen eingeschlossen. Ausgrabungen bei *New Orleans*, bis zu einer Tiefe von mehreren Yards unter dem Meeresspiegel, zeigten auch, dafs der Boden des Delta unzählige Baumstämme, Lager auf Lager, einige liegend, andere abgebrochen in der Nähe des Bodens, aber noch aufrecht stehend und die Wurzeln nach allen Seiten ausbreitend, enthielten.

[2]) Tasche (k. k. geologische Reichsanstalt 1859, S. 521) bemerkt, indem er sich auf meine Versuche bezieht S. 1810 u. 1811 I. Aufl. Bd. II (S. 797. 798 dieser II. Aufl.), dafs die obere Kohlenparthie in dem Braunkohlenlager von *Salzhausen* durch ihre Reinheit zu beweisen scheint, dafs die Bucht, in welcher sich die vegetabilischen Materialien absetzten, eine sehr ruhige, vielleicht von der Hauptströmung etwas auf der Seite gelegene war, so dafs die specifisch schwereren und gröberen Erdtheilchen hinlängliche Gelegenheit fanden, schon früher zu Boden zu

Das Liegende der *Appalachian*-Kohlenflötze ist, mit sehr wenigen Ausnahmen, ganz verschieden in seiner Zusammensetzung von dem Hangenden. Jenes besteht aus einer eigenthümlichen Varietät von mehr oder weniger sandigem Thon, der die Stigmaria ficoides[1]), diejenige Pflanze, von welcher, nach Rogers, hauptsächlich die grofsen Massen fossiler Ueberreste herrühren, enthält.

In jener Steinkohlen-Formation bilden die theils reinen, theils Magnesia haltenden Kalksteine, welche mannichfache organische Meeresreste einschliefsen, bisweilen das Liegende oder das Hangende der Kohlenflötze und sind manchmal in unmittelbarem Contact mit denselben[2]). An einigen Stellen ist die reine Kohle vom reinen Kalksteine nur durch eine einen Zoll dicke Zwischenlage von kalkigem und kohligem Schiefer abgesondert. An anderen Stellen umschliefst ein Versteinerungen haltendes Kalklager einen dünnen Kohlensaum in fast unmittelbarem Contact mit dem Kalksteine. Mehrere der stärkeren Lager bestehen aus alternirenden Schichten von Kalkstein und weichem Schiefer.

Die Kalksteine sind chemische Absätze durch organische Thätigkeit. Sind sie frei von thonigen und quarzigen Theilen, so sind sie in einem Meer, welches keine schwebenden Theile enthielt, gebildet worden. Ihre Bildung hörte aber in trübem Meerwasser nicht ganz auf; denn einige von den *Appalachian*-Kalksteinen enthalten davon eine beträchtliche Menge. Nahmen aber die schwebenden Theile sehr zu: so scheint der Absatz des kohlensauren Kalk ganz aufgehört zu haben; es bildeten sich

---

sinken. Er berechnet, dafs ein Wald, welcher 605mal so grofs gewesen sein müfste als die Fläche des Braunkohlenlagers, nöthig gewesen wäre, um das Material zu seiner Bildung zu liefern. Auch die nahe parallele Lage der vielen Baumstämme in Braunkohlenflötzen und weitere Verhältnisse führten ihn zur Ansicht, dafs nur durch Anschwemmung dieses Material geliefert sein kann.

[1]) Logan (Proceedings of the geological Society. No. 69) fand, dafs das Liegende jedes Kohlenflötzes in *South-Wales* ebenso zusammengesetzt ist.

[2]) Einen solchen unmittelbaren Contact zeigen auch häufig die Kohlenflötze in *Europa*.

dann blos mechanische Absätze, auf die wieder, nachdem sich das Meerwasser geklärt hatte, rein chemische folgten. Auf diese Weise entstanden die alternirenden Kalksteine und Thonlager (S. 574).

Die mechanischen Absätze des im Meerwasser suspendirt gewesenen vegetabilischen Detritus scheinen sich wie die der suspendirt gewesenen erdigen Theile, zu den chemischen Absätzen verhalten zu haben. Während sich jener Detritus absetzte, war der chemische Absatz der kohlensauren Kalkerde nicht immer ganz unterbrochen; denn die Asche der Steinkohlen enthält manchmal kohlensauren Kalk. Auf der andern Seite kommen auch zwischen den Kohlenflötzen dunkle kohlenhaltige Kalksteine, welche beim Zerschlagen einen bituminösen Geruch verbreiten, vor. Diese Kalksteine sind wahrscheinlich durch die organische Thätigkeit der Pflanzen gebildet worden.

Da das Material für die chemischen Absätze stets im aufgelösten Zustande im Meerwasser vorhanden ist, das für die mechanischen Absätze aber bald in gröfserer, bald in geringerer, bald in kaum merklicher Menge blos darin schwebt: so entstehen, wenn die schwebenden Theile bis auf ein Minimum herabsinken, chemische Absätze, welche ganz oder fast frei von mechanischen Absätzen sind. Sind dagegen die schwebenden Theile in gröfserer Menge vorhanden: so verunreinigen sie mehr oder weniger die chemischen Absätze. Die grofse Aehnlichkeit zwischen den erdigen Bestandtheilen der Steinkohlen und der sie einschliefsenden Schieferthon-Lager (S. 758) zeigt aber, dafs erdige und vegetabilische Substanzen neben einander im Meere suspendirt waren. Je mehr diese Substanzen gleichzeitig niedersanken, desto unreiner, je weniger sie gleichzeitig niedersanken, desto reiner wurden die Steinkohlen und die mit ihnen wechselnden Lager. Dafs aber die Zeiten des Niedersinkens der suspendirten vegetabilischen und erdigen Theile sehr weit von einander abliegen können, haben wir gesehen (S. 798).

Die Betrachtung der Durchschnitte der Steinkohlen-Werke von *Lissitchia-Balka* und der südlichen Gegenden von *Rufsland* führten Murchison, de Verneuil und v.

Keyserling[1]) zu der Ueberzeugung, dafs die Hypothese von der Steinkohlen-Bildung aus einer Vegetation auf einem sinkenden Boden (wenn sie dies auch für einige Kohlenformationen nicht in Abrede stellen wollen) keine Anwendung auf die in Rede stehenden Kohlenlager, und ebenso wenig auf die rein marinischen von *Northumberland*, so wie auf die nordwestlichen Kohlenlager von *Yorkshire* u. s. w. finden könne. Sie fanden eine verworrene Ansammlung von mehreren Landpflanzen, sowohl über als unter den Kohlenflötzen zu *Lissitchia-Balka*, während von dem obersten bis zum untersten Lager, in einer Mächtigkeit von ungefähr 800 Fufs, die Muschelschalen ausschliefslich marine waren[2]). Die feinen Theilchen des Schieferthon, der die Unterlage der Kohlenflötze bildet, zeigen, dafs in jenen Perioden, wo sich auf dem Meeresboden der Detritus von verwirrten und zerbrochenen Pflanzen, welche durch Ueberschwemmungen oder durch frühere Flüsse herbeigeführt wurden, ausbreitete, die schwereren erdigen Theile, die diese Anhäufungen begleiteten, niedersanken, während die schwimmenden leichteren Pflanzen die darauf folgende Schicht bildeten. Die auf dem Schlamme zurückgebliebenen Pflanzen, der entweder mit diesen herbeigeführt wurde, oder von der Zerstörung des Landes, auf dem sie gewachsen waren, herrührte, wurden später mit anderen Sedimenten bedeckt.

Gegen die Schlüsse, welche diese Forscher aus ihren trefflichen Untersuchungen gezogen haben, ist im Allgemeinen gewifs nichts zu erinnern; nur das ist zu bemerken, dafs, gemäfs meiner oben angeführten Versuche die feinen Theile, woraus sich der Schieferthon bildete, nicht früher als der vegetabilische Detritus zum Absatze gekommen sein konnten.

Man scheint die reichen Quellen einer über ganze Continente verbreiteten Vegetation, deren Ueberreste von den fernsten Punkten her durch die Gewässer dem Meere

[1]) The Geology of Russia. Vol. I. p. 113.

[2]) In den Kalklagern des Kohlengebietes von *Villé*, sowie in den andern, kommen nicht die geringsten Spuren fossiler, thierischer Ueberreste vor. Daubrée neues Jahrb. 1853. S. 737.

zugeführt wurden, meist übersehen zu haben[1]), indem man blos in der auf locale Punkte beschränkten Vegetation der Torfmoore, auf niedrigen Inseln und auf mit dichten tropischen Wäldern bedeckten Niederungen, welche unter das Meer versenkt worden sein sollten, das Material zur Steinkohlen-Bildung zu suchen sich bemühte. Alle Hypothesen über die Bildung der Steinkohlen aus partiellen Pflanzenresten haben das mit einander gemein, dafs sie in verhältnifsmäfsig geringeren Massen das Material zu einer so grofsartigen Bildung wie die der Steinkohlen suchen, während sie keinen Nachweis geben, wohin die ungeheuren Pflanzenreste des festen Landes in vorhistorischen Zeiten, wo es noch keine pflanzenfressende Landthiere gab, gekommen sind. Wir vergessen indefs, wie wir schon bemerkt haben, keineswegs, dafs zur Zeit der Steinkohlen-Bildung nur das Uebergangsgebirge und die älteren krystallinischen Gesteine aus dem Meere hervorgeragt, und dafs daher damals die Continente einen viel geringeren Umfang als heutzutage gehabt hatten. Aber eben defshalb konnten die Ueberreste der auf diesen Gebirgen gewachsenen Pflanzen, und sogar zum Theil die Pflanzen selbst in unalterirtem Zustande um so leichter in das Meer geführt werden.

Alle vegetabilischen Substanzen und Ueberreste, welche auf den Grund des Meeres gelangten, konnten sich, nachdem die löslichen Theile ausgezogen worden, in Steinkohle umwandeln. Daher gewifs auch die auf dem Boden des Meeres wachsenden und die schwimmenden Algen. Da jene höchstens nur in einer Meerestiefe von 200 Fufs vorkommen, und nur die Küsten umsäumen, da auch die ausgedehnten Anhäufungen grofser Fucusarten hauptsächlich nur an den seichten Küsten des Weltmeers undurchdringliche Pflanzendecken bilden: so konnten diese Meerespflanzen allerdings nur Steinkohlenflötzen in geringen Tiefen unter der Erdoberfläche Ursprung geben,

---

[1]) Buckland (Anniversary Adress to geological society 1841 ist vielleicht der Einzige, welcher es mit Entschiedenheit aussprach, dafs die Pflanzenüberreste aus beträchtlichen Entfernungen durch Wasser herbeigeführt worden sind.

wenn nicht spätere Senkungen stattfanden. Die schwimmenden Algen, welche bekanntlich im Süden der *Azorischen* Inseln eine über 4000 Quadratmeilen grofse, vom *Golfstrom* begrenzte Ansammlung bilden, mufsten aber, wenn sie durch Vermoderung schwerer geworden, nach und nach zu Boden sanken, und die Pflanzendecke sich immer wieder erneuerte, bedeutendes Material zur Steinkohlenbildung liefern.

Wenn Unger[1]) die Möglichkeit einer solchen Bildung bezweifelt, weil sich bisher ohne Ausnahme die Stein- und Braunkohlen als Producte aus Resten von Landpflanzen erwiesen haben: so mufs man fragen, wohin sind denn die Ueberreste ungeheuerer Massen von Meerespflanzen gekommen, welche, seitdem das Pflanzenreich auf Erden erschienen ist, gewachsen und wieder untergegangen sind? — Die Fucusarten, der Wärme und dem Wasser ausgesetzt, zersetzen sich schon nach einigen Tagen; es ist daher nicht zu bezweifeln, dafs sie nach ihrer Zersetzung im Meere untersinken und Material zur Steinkohlen-Bildung liefern mufsten. Ueberdies kommen fossile Fucusarten im Steinkohlengebirge vor[2]).

De Luc, Ad. Brongniart, E. de Beaumont, Macculloch, Göppert u. m. A. haben die Ansicht aufgestellt, dafs die Steinkohlen einer torfartigen Ablagerung ihren Ursprung verdanken. Neuerdings suchte Unger[3]) zu beweisen, dafs die Steinkohlen in der Zusammensetzung und der Beschaffenheit ihrer Theile, in ihrer Structur und in ihren Lagerungsverhältnissen mit dem Torfe übereinstimmen, und daher einen ähnlichen Ursprung wie dieser haben.

Dafs auch Torf Material zur Steinkohlenbildung geliefert habe, ist unzweifelhaft[4]). Die Aehnlichkeit in der Zusammensetzung der Torfkohle mit der der Steinkohlen und noch mehr mit der der Braunkohlen (I. Aufl. Bd. II.

[1]) A. a. O. S. 105.

[2]) Bronn Handbuch einer Geschichte der Natur. Bd. III. S. 61.

[3]) A. a. O. S. 110 u. s. w.

[4]) Vgl. R. Ludwigs Untersuchungen über Torfmoore in dessen Werk: Geogenische und geognostische Studien auf einer Reise durch *Rufsland* und den *Ural*.

S. 1765 u. 1797), beweiset dies. Wenn die Aehnlichkeit in den Lagerungsverhältnissen als Beweis dafür gelten soll: so würde dies voraussetzen, dafs die Umwandlung des Torfs in Steinkohle an Ort und Stelle stattgefunden habe. Soll aber durch diese Umwandlung eine Steinkohle entstehen, welche, wie die von Kremers und Taylor analysirten Steinkohlen, Schieferthon-Theile enthält: so kann nicht anders gedacht werden, als dafs das Torflager unter Gewässer, welche diese Theile im schwebenden Zustande hielten, gesunken sei.

In der Asche des Torfs findet sich keine Thonerde [1]; dieselbe kommt überhaupt nur in äufserst geringen Mengen im Pflanzenreiche vor; daher mufs sie in allen Steinkohlen, in denen sie stets vorhanden ist, von aufsen her gekommen sein. Da diese Erde für sich allein nie, sondern stets mit Kieselsäure verbunden in Gewässern schwebend enthalten ist: so wurde mit ihr auch diese der Steinkohlenmasse stets zugeführt.

Die Torfmoore sind in manchen Gegenden weit ausgedehnte Bildungen: so nehmen sie nach A. Griesebach [2]) im Königreich *Hannover* eine Fläche von 120—130 Quadratmeilen ein. Die gröfste Tiefe, bis zu welcher sie dort reichen, soll 30 Fufs und noch mehr betragen. Bis zu den tiefsten Lagen fand man eine Torfmasse ganz frei von mineralischen Bestandtheilen und in der Asche derselben blos die unorganischen Stoffe der Pflanzen, aus denen sie entstanden war.

Liegt indefs der Torf auf Thon, so sind seine untern Schichten damit gemengt; er bildet sich daher unter Wasser, welches durch den Thon getrübt wird; sei es, dafs die Torfpflanzen blos periodisch oder dauernd überschwemmt werden. Ist dagegen die Unterlage des Torfs Sand: so sind die unteren Schichten rein, weil der Sand das Wasser nicht trübt [3]).

Griesebach führt Beobachtungen an, welche die

---

[1]) Liebig a. a. O. S. 324.

[2]) Ueber die Bildung des Torfs in den Emsmooren. Göttingen 1846. S. 7.

[3]) Eiselen Handb. zur Kenntnifs des Torfwesens. Berlin 1802.

Impermeabilität der Torfschichten nachweisen. Diese Eigenschaft des Torfs ist die Grundbedingung, auf welcher die Bildung aller grofsen Moore beruht, insofern ihre Unterlage aus einer für das Wasser permeabeln Erdschicht besteht. So sind die gröfsten Moore von *Holland* bis zur *Elbe* auf Sandboden gelagert; erst der in nassen Jahreszeiten gebildete Torf hält das Wasser zurück und bewahrt sich darin die Quellen seines ferneren Wachsthums.

Auch M. Lesquereux [1]) spricht von undurchdringbaren thonigen Sandschichten, welche sich am Rande der Flüsse ablagern, Erhöhungen bilden, und dadurch, dafs sich stehendes Wasser hinter denselben ansammelte, die Bildung von Torfmooren verursachen. Solcher thoniger Sand findet sich nach ihm an den Ufern des Flusses *Manistee* in den *Vereinigten Staaten*, sowie in allen Torfmooren Europa's: der *Schweiz, Deutschland, Schweden, Dänemark* und *Holland.*

W. J. Sekira [2]) glaubt annehmen zu können, dafs die tiefsten Torfmoore ein Alter von 5000—6000 Jahren haben. Je tiefer sie sind, desto mehr enthalten sie schwarzen Torf.

Nach Griesebach reicht die Zeit der Bildung der Torflager in *Friesland* weit über die Grenzen der historischen Ueberlieferung hinaus und ist, wiewohl in die Bedingungen der heutigen Schöpfung eingeschlossen, nach geologischem Maafsstabe zu bemessen. Denn die Marschen, die über dem Torf abgelagert sind, waren schon zur Zeit der Römer gebildet, wie die Ueberreste römischer Bauten auf dem Alluvialboden im Lande der Bataver unmittelbar darthun.

Einige Geologen, Elie de Beaumont an der Spitze, haben, um den häufigen Wechsel zwischen Kohlenflötzen und sedimentären Gesteinen mit Meeresproducten zu erklären, eine fortdauernde Senkung von Inseln angenommen: so dafs je ein Kohlenflötz nach seiner Bildung mit Sedimenten bis zum Meeresspiegel bedeckt worden, und

---

[1]) Report on the Geology of the Lake Superior Land District by J. W. Forster and J. D. Whitney. Part. II. S. 240.

[2]) Lotos Zeitschrift f. Naturw. Jahrg. III. p. 164.

auf denselben eine neue Flora gewachsen wäre, um wiederum zu versinken u. s. w.[1]). Diese Ansicht scheint durch die Meinung mancher Botaniker, wonach die Vegetation der Steinkohlen-Periode den Character der Flora auf Inseln, welche in einem grofsen Ocean zerstreut und einem tropischen und feuchten Klima ausgesetzt sind, tragen soll, entstanden zu sein.

Eine Umwandlung einer Flora auf Inseln in Steinkohle wäre nur dann zu begreifen, wenn die Pflanzen vor der Senkung unter das Meer durch Vermoderung so weit zersetzt worden wären, dafs sie sich in Humus umgewandelt hätten. Wäre dies aber nicht der Fall, wären zur Zeit der Senkung noch Baumstämme oder gröfsere Pflanzentheile neben den vermoderten Pflanzen vorhanden gewesen und mit denselben niedergesunken: so müfsten wir sie, wenigstens hier und da, in den Steinkohlen-Lagern finden. Die Kohlen selbst enthalten aber nur Spuren von Bäumen, während ihre zerbrochenen Stämme mit Stigmarien-Fragmenten mehr oder weniger in allen gröberen Gesteinen gemengt vorkommen. Kommen Bäume und gröfsere Pflanzentheile unter Wasser: so behalten sie, mit fast gänzlichem Verluste ihrer organischen Materie, ihre Form bei, wie die versteinerten Baumstämme u. s. w. zeigen. Es ist nicht anzunehmen, dafs die in Torfmooren aufrecht stehenden und durch alle Schichten derselben reichenden Baumstämme einer solchen Umwandlung ent-

---

[1]) H. Rogers (a. a. O. S. 464) nimmt an, dafs die ganze Steinkohlen-Periode durch ein allgemeines Sinken der Küsten, auf denen die Kohlenpflanzen wuchsen, characterisirt sei, dafs jedoch diese verticale Senkung durch ein graduelles Aufsteigen unterbrochen worden sei, und dafs diese ziemlich normalen Verhältnisse mit grofsen, durch heftige Erdbeben bewirkten Verwerfungen begleitet gewesen seien.

Obgleich solche Bewegungen der Erdkruste nicht zu leugnen sind, und sich namentlich in der Steinkohlen-Formation sehr bedeutende Dislocationen zeigen: so halten wir doch solche Schwankungen nicht für nothwendige Bedingungen zur Erklärung der sedimentären Bildungen der Steinkohlen-Formation. Sie dürften sich wenigstens nur auf diejenigen Kohlen-Niederlagen beschränken, welche Lager von Süfswasser-Kalkstein einschliefsen.

gangen sein sollten; denn da der sie umgebende Torf bei seiner Umwandlung in Steinkohle die im Meere suspendirt gewesenen erdigen Theile aufnahm: so hätten dieselben auch Baumstämme versteinern können. Vergl. unten S. 829.

Rogers schliefst aus den physikalischen Verhältnissen der *Appalachian*-Kohlenformation auf die Existenz einer ehemaligen ausgedehnten Fläche, welche, einen Continent begrenzend, die Küsten eines Ocean oder einer grofsen Bucht bildete, und dafs dieses niedrige Küstenland eingefafst war mit grofsen Torfmooren, auf deren Begrenzung gegen das Land Coniferen, Farren und andere baumartige Pflanzen wuchsen. Nehmen wir diese Voraussetzung an: so kommen wir zu folgenden Schlüssen. Durch Fluthen und Strömungen wurde zuerst die durch Fäulnifs auf den Stigmarien-Wiesen entstandene Pflanzenerde in das Meer gespült, deren pflanzliche Ueberreste sogleich niedersanken, während deren erdige Theile, wenn sie aus so feinen Theilchen bestanden, wie im Schieferthon, gröfstentheils suspendirt blieben. So lange als dieses Wegspülen der Pflanzenerde dauerte, blieben die Bäume, welche durch ihre Wurzeln in den unter der Dammerde liegenden Schichten befestigt waren, noch aufrecht stehen. Wurden endlich auch diese Schichten von den Fluthen angegriffen, so wurden auch sie und mit ihnen die Bäume in das Meer getrieben. Bestanden diese Schichten aus feinem Thon: so lieferten sie das Material zur Bildung von Schieferthon; bestanden sie hingegen aus gröberen Massen, so gaben sie das Material zur Bildung von Sandsteinen oder Conglomeraten.

Waren die Wurzeln der in das Meer gespülten Baumstämme noch beladen mit Erden und Steinen: so sanken sie sogleich mit jenen gröberen Massen nieder, und bildeten das Hangende der früher niedergesunkenen fein zertheilten pflanzlichen Ueberreste der Pflanzenerde. Waren dagegen diese Baumstämme frei von schweren Massen, schwammen sie daher im Meere: so kamen sie erst auf den Grund, nachdem sie entweder vom Wasser ganz durchdrungen oder durch Fäulnifs so weit zerstört waren, dafs sie schwerer als das Wasser geworden waren. In diesem Falle kamen die gröberen steinigen Massen unmittelbar

auf jene fein zertheilten pflanzlichen Ueberreste zu liegen, und erst später folgten darauf die Baumstämme [1]).

Solche Verhältnisse finden sich unter andern in der *Appalachian*-Kohlenformation. Nach H. Rogers besteht das Hangende dieser Kohlenflötze häufig aus sehr grobkörnigen Gesteinen. In diesem Falle sind die eingeschlossenen Pflanzenreste meist Fragmente von gröfseren Stämmen oder Aesten gigantischer Bäume, deren Zweige und Blätter weniger reichlich auftreten. Diese Fragmente kommen in allen Stellungen horizontal, schief und senkrecht auf der Schichtungsfläche vor, und zeigen in ihrem zerbrochenen Zustande und in ihrer unregelmäfsigen Vertheilung den heftigen und stürmischen Character der Strömungen, welche sie forttrieben und begruben. Auch die, zunächst die Kohlenflötze bedeckenden Lager von grobem Sand oder Sandstein, in denen grofse Massen zerriebener Steinkohlen zerstreut sind, weisen darauf hin. Dies ist eine sehr gewöhnliche Erscheinung in den Anthrazit-Lagern von *Pennsylvanien*, wo der grobe Sand nicht selten unmittelbar auf den Kohlenflötzen liegt, und darthut, dafs ein Theil der oberen Lager der weichen kohligen Masse durch die Reibung des sandigen Stroms aufgewühlt wurde. Die so weggerissene kohlige Masse setzte sich, gemengt mit den ersten Sandlagern, wieder ab. Rogers verweiset auf Logan's Mittheilung eines noch schlagenderen Beweises für die energischen Bewegungen, welche während der Bildung der Kohlenflötze manchmal statt hatten. Dieser Forscher beschreibt nämlich wirklich abgerundete Kohlengerölle in dem *Pennant-Grit* und in anderen grobkörnigen Lagern der Kohlenformation von *South-Wales*.

In dem Falle, wo der Boden, in welchem Bäume wuchsen, aus feinem Thon bestand, mufsten andere Verhältnisse eintreten. Diese Thontheilchen blieben lange im Meerwasser suspendirt, ehe sie zum Niedersinken kamen. Es konnte daher geschehen, dafs die Baumstämme früher niedersanken als die erdigen Theile, und daher unmittel-

[1]) Dafs das Treibholz in grofsen Massen fast nach allen Richtungen und bis zu sehr entfernten Puncten des Meeres durch Strömungen geführt wird, zeigen mehrere von Lyell (S. 804) angeführte Beispiele.

bar auf die fein zertheilten pflanzlichen Ueberreste zu liegen kamen. Wirklich finden sich, wie wir später sehen werden, versteinerte Baumstämme im Schieferthon, unmittelbar auf Steinkohlen-Flötzen stehend. War die Dammerde-Schicht an den Küsten eines Ocean wenig mächtig: so mufsten bedeutende Massen von den darunter gelegenen Thonschichten durch die Meeresfluthen weggewaschen werden, ehe die darin befestigten Wurzeln so entblöfst wurden, dafs auch sie fortgeführt werden konnten. Mittlerweile setzten sich die suspendirten erdigen Theile auf den früher niedergesunkenen feinen pflanzlichen ab; es bildeten sich beträchtliche Schichten Schieferthon, und erst später sanken die durch die Fluthen losgerissenen Baumstämme nieder, welche in die sich noch fortwährend absetzenden erdigen Theile eingeschlossen wurden. Auf diese Weise erklären sich die mitten im Schieferthon vergrabenen versteinerten Baumstämme.

Die Schieferthone bildeten sich sowohl aus den durch die Fluthen von den Küsten eines Ocean abgeschwemmten, als aus den durch die Flüsse aus dem Innern des Landes in Suspension herbeigeführten feinen Thontheilchen. Fand zwischen jenen und diesen eine Verschiedenheit in der Gröfse des Korns statt: so konnten, je nachdem die einen oder die anderen vorherrschend waren, verschiedenartige Schichten entstehen. Die von den Küsten abgeschwemmten Theilchen konnten grobkörniger und quarzreicher gewesen sein, als die von den Flüssen dem Meere zugeführten; denn die suspendirten Theile sind um so feiner, je weiter her sie geführt werden. Der häufige Wechsel zwischen Schichten von mehr oder weniger feinkörniger, und von quarzfreier oder quarzhaltiger Zusammensetzung mag von jenem verschiedenen Ursprunge der suspendirten Theile herrühren. Wie sich im Meere die von den Küsten abstammenden erdigen Theilchen mit denen, welche von den Flüssen zugeführt wurden, mengten: so mengte sich auch der, jene wie diese begleitende vegetabilische Detritus, und lieferte das Material zur Steinkohlen-Bildung.

Dafs Sand und Gerölle, welche das Material zur Bildung der Sandsteine und Conglomerate liefern, nur auf dem Grunde der Flüsse und des Meeres durch die Strö-

mung und durch die Fluth fortgeführt werden können. und daher theils weit von den Meeresküsten, theils in deren Nähe ihren Ursprung haben, ist von selbst klar.

Die Zersetzung und Umwandlung in Steinkohle ist nicht der einzige Procefs, dem die vegetabilischen Substanzen unterliegen. So wie die Gesteine theils zersetzt und die Zersetzungsproducte durch Gewässer auf mechanischem und chemischem Wege fortgeführt, theils umgewandelt oder durch andere mineralische Substanzen verdrängt werden: so ist es auch bei organischen Substanzen. Die Versteinerung ist eine solche Verdrängung der organischen Materie durch unorganische.

In einem auf dem Meere lange Zeit schwimmenden Baumstamme kann durch die im Wasser gelösten unorganischen Substanzen die Versteinerung schon beginnen. Schreitet sie so weit fort, dafs das spec. Gewicht des Baumstammes gröfser wird als das des Wassers: so sinkt er nieder, und auf dem Meeresgrunde kann die Versteinerung bis zur Vollendung fortschreiten.

Als Göppert[1]) eine durch kohlensauren Kalk versteinerte Stigmaria ficoides, aus dem Uebergangsgebirge, mit verdünnter Salzsäure behandelte, erhielt er einen Rückstand, der die ganze Pflanzenstructur in ihrem natürlichen Zusammenhange und in ihrer natürlichen Färbung zeigte. Coniferenholz aus dem Uebergangsgebirge liefs 0,02 bis 0,07 nur schwach gebräunte, vollkommen biegsame Fasern nebst etwas nach brenzlichem Kreosot riechendem Oel zurück. Beim Behandeln durch Kieselsäure versteinerter Hölzer mit mäfsig starker Flufssäure, erhielt Göppert einen holzigen Rückstand mit noch wohl erhaltenen Gefäfsen, welche meist noch die Gattung des Holzes anzeigten. Solche verkieselte Hölzer finden sich in der Steinkohlenformation (*Lobejün* bei *Halle, Neurode* in der Grafschaft *Glatz, Radnitz* in *Böhmen*).

Fragen wir, durch welche Bestandtheile des Meerwassers die organische Materie der versteinerten Hölzer so zersetzt wurde, dafs sie fortgeführt werden konnte: so

[1]) Neues Jahrbuch für Mineralogie u. s. w. Jahrg. 1835. S. 366. Jahrg. 1838. S. 533 u. 720. Jahrg. 1839. S. 737.

können wir keine anderen als die schwefelsauren Salze finden. Da diese Salze durch organische Substanzen auf nassem Wege desoxydirt werden: so ist erklärlich, wie der Kohlenstoff und Wasserstoff dieser Substanzen, wovon der erstere der directen Oxydation durch den vom Meerwasser absorbirten Sauerstoff widersteht, auf indirectem Wege oxydirt und als Kohlensäure und Wasser ausgeschieden werden. Vom schwefelsauren Kalk ist eine solche Desoxydation entschieden nachgewiesen, nicht aber von der schwefelsauren Magnesia. Der schwefelsaure Kalk im Meerwasser ist daher für das Mittel zu halten, dessen sich die Natur bedient, die organische Materie bei den Versteinerungen gänzlich fortzuführen.

Schwefelcalcium wird durch Kohlensäure zersetzt. Läfst man dieses Gas durch eine concentrirte Lösung desselben strömen: so entsteht ein reichlicher Niederschlag von kohlensaurem Kalk. Das durch Zersetzung des schwefelsauren Kalk entstandene Schwefelcalcium wird also durch die gleichzeitig gebildete Kohlensäure in kohlensauren Kalk umgewandelt, und auf diese Weise läfst sich die Verdrängung der Holzsubstanz durch kohlensauren Kalk erklären. Die 52,53 % Kohlenstoff im Eichenholze zersetzen 295 Th. schwefelsauren Kalk und geben 190 Th. Kohlensäure, wovon die Hälfte das Schwefelcalcium zersetzt und 217 Th. kohlensauren Kalk liefert, während die andere Hälfte entweicht[1]). An die Stelle von 100 Th. Holz würden demnach 217 Th. kohlensaurer Kalk treten. Da diese Zahlen nahe in dem Verhältnisse der spec. Gewichte beider Substanzen stehen: so würde der kohlensaure Kalk nahe das Volumen des zersetzten Holzes einnehmen.

Göppert[2]) beschreibt knollenförmige Stücke mit

[1]) Der Kohlenstoff und der Wasserstoff können nicht in ihrer ganzen Menge desoxydirend wirken; denn der Sauerstoff und der Wasserstoff sind im Holze in dem zur Wasserbildung erforderlichen Verhältnisse vorhanden. Defshalb wurde die obige Rechnung auf die Voraussetzung gegründet, dafs nur der Kohlenstoff die Zersetzung des schwefelsauren Kalk bewirke, und der Wasserstoff mit dem Sauerstoff des Holzes als Wasser entweiche.

[2]) Zeitschrift der deutschen geol. Gesellschaft. Bd. III. S. 291.

Zweigen aus den Steinkohlengruben der Grafschaft *Mark* in *Westphalen*, die mit Eisenkies ausgefüllt waren und in der Steinkohle selbst vorkommen. Sie sind häufig mit $^1/_4$ bis $^1/_2$ Zoll dicker, dicht anliegender, sehr fetter, aufsen glatter und glänzender Kohle bedeckt, nach deren Entfernung die organische Structur, die Narben der Stigmaria, gewöhnlich mit dem Glanze des Eisenkieses sichtbar werden. Das so häufige Vorkommen dieses Minerals in Steinkohlen, als Anflug auf Pflanzen-Abdrücken im Kohlenschiefer u. s. w. und als Ueberzug von Muschelschalen zeigt, dafs seine Bildung auf Kosten organischer Ueberreste eine weit verbreitete Erscheinung ist.

Diese Bildung kann nur aus der Gegenwart schwefelsaurer Salze, und sofern sie im Meere von Statten ging, nur aus der Zersetzung seines schwefelsauren Kalks erklärt werden (S. 31). Die 52,53 % Kohlenstoff im Eichenholze liefern durch Zersetzung der schwefelsauren Kalkerde 69 Gewichtstheile Schwefel, welche 127 Gewichtstheile Eisenkies geben. An die Stelle von 100 Volumtheilen Holz würden demnach nur 25,4 Volumtheile Eisenkies treten. Der übrige Raum konnte mit kohlensaurem Kalk erfüllt werden, der sich auch in diesem Falle durch Zersetzung des Schwefelcalcium mittelst Kohlensäure bilden mufste. In dieser Begleitung kommt aber der Eisenkies nicht vor. Es hält daher schwer, die völlige Erfüllung einer Pflanzensubstanz durch Eisenkies zu erklären, wenn man nicht annehmen will, dafs der kohlensaure Kalk durch Eisenkies verdrängt wurde, welche Pseudomorphose wirklich vorkommt[1]).

---

[1]) Es sind nicht blos die den Pflanzen durch die Gewässer zugeführten schwefelsauren Salze, welche die Bildung von Eisenkies möglich machen, sondern diejenigen, welche wir in ihrer Asche finden, nehmen daran gleichfalls Antheil. Vergleiche S. 758 und namentlich den bedeutenden Gehalt an schwefelsauren Salzen in den Fucus-Arten I. Aufl. Bd. I. S. 925ff. Durocher und Malaguti (l'Instit. 1852. T. XX. p. 138) fanden in einem bläulichen Mergel, welcher sich täglich etwas unter dem Meeresspiegel an der Küste von *San Malo* absetzt, 0,002 Eisenkies. In ganz sandigen Absätzen bildet er sich nicht, und ebenso findet er sich selten in rein quarzigen Sandsteinen, weil er gleich bei seiner Bildung sehr geneigt ist, Sauerstoff zu ab-

Die Versteinerung durch Kieselsäure ist eine so gewöhnliche Erscheinung, dafs wir bei der Silicification der Baumstämme in der Steinkohlen-Formation, welche, wenn aufrecht stehend nur wenig, in horizontaler Lage dagegen stark zusammengedrückt sind, keine besonderen Umstände vorauszusetzen brauchen [1]). Dieses Versteinerungsmittel ist erdig oder hart, grob oder feinkörnig, und im letzten Falle sind auch noch die feinsten Holzfasern zu erkennen. In den verkieselten Baumstämmen der Steinkohlen-Formation, welche sich meist in den Sandsteinschichten finden, ist die Peripherie in eine kieselige, die Rinde in eine dünne kohlige Masse umgewandelt, während das Innere mit Sandstein ausgefüllt ist. Jene kieselige Masse ist ohne Zweifel ein chemischer Absatz aus der im Meerwasser aufgelösten Kieselsäure, der Sandstein dagegen, gleich dem die Stämme einschliefsenden Gesteine, ein mechanischer Absatz. Die Analyse des chemischen Absatzes läfst kaum noch Spuren von organischer Materie erkennen. Beim Glühen des (S. 318) angeführten silicificirten Holzes war ein nur schwach brandiger Geruch wahrzunehmen, und das schwach gelbliche Pulver bräunte sich nur etwas. Das Versteinerungsmittel war erdig.

Die grofse Verwandtschaft der Kieselsäure zu organischen Substanzen zeigt sich unter anderen bei der Analyse von Gesteinen, welche organische Substanzen enthalten; denn diese verunreinigen immer die ausgeschiedene Kieselsäure. Es ist diese Verwandtschaft, wodurch die Kieselsäure der in Hölzer dringenden Gewässer von der organischen Materie abgeschieden wird [2]). Ist es auch

---

sorbiren; daher kann er sich nur in sehr bindenden Gesteinen erhalten. Die Kalksteine der Jura-Formation verdanken, nach Ebelmen, ihre bläuliche Farbe etwa 0,002 beigemengtem Eisenkies. Alles dieses zeigt, wie allgemein die Eisenkies-Bildungen im Meere sind.

[1]) Ueber das Vorkommen verkieselter Stämme u. s. w. s. Naumann's Geognosie. Bd. II. S. 545.

[2]) Dafs organische Materie in jeder Verbindung die Kieselsäure aus ihrer Lösung fällt, zeigen die von Connel (Edinb. new Phil. Journ. T. XVIII. p. 387 und T. XIX. p. 300) analysirten fossilen Fischknochen und Fischschuppen, welche 10 und 30 % kieselartiger Materie und nur Spuren von thierischer Substanz enthielten.

möglich, daſs diese Materie als solche von den Gewässern fortgeführt wird: so ist es doch wahrscheinlicher, daſs auch in diesem Falle der Sauerstoff der schwefelsauren Salze das Oxydationsmittel ist, welches sie zersetzt.

Im Steinkohlengebirge, mehr im Schieferthon als im Kohlensandstein, kommt häufig Sphärosiderit als Versteinerungsmittel von Calamiten vor. Vergleiche hierüber Kap. XIX. kohlensaures Eisenoxydul.

Quarz in seinen verschiedenen Modificationen, als Chalcedon, Hornstein u. s. w., Eisenspath und sogar Eisenkies, also gerade diejenigen Substanzen, welche Versteinerungsmittel der Pflanzensubstanzen sind, kommen in Formen von Kalkspath vor. Der kohlensaure Kalk kann daher von ihnen verdrängt werden. Findet sich auch kohlensaurer Kalk nicht häufig in der Asche der Steinkohlen: so gibt es doch Aschen, in denen der Kalk bis auf 25 % steigt (S. 756) und der im Kapitel XIX. (kohlensaures Eisenoxydul) angeführte Thoneisenstein von *Newcastle* (XIII) enthält gleichfalls kohlensauren Kalk. Es kann daher gedacht werden, daſs kohlensaurer Kalk, der ursprünglich Pflanzensubstanzen versteinert hatte, später und lange nach dem Erheben einer Steinkohlenformation über das Meer, durch die genannten Substanzen, und namentlich durch kohlensaures Eisenoxydul, verdrängt wurde. Das von R. Walker[1]) analysirte fossile Holz aus einem Sandsteinbruch bei *Craigleith*, welches aus 50,36 kohlensaurem Kalk, 24,65 kohlensaurem Eisenoxydul, 17,71 kohlensaurer Magnesia und 6,15 Kohle, Kieselsäure und Wasser bestand, zeigt, daſs mehrere Carbonate gleichzeitig als Versteinerungsmittel auftreten können. Es ist aber auch denkbar, daſs kohlensaurer Kalk das ursprüngliche Versteinerungsmittel war, und daſs dieses später von kohlensaurem Eisen- und Manganoxydul zum Theil verdrängt wurde.

Auſser den angeführten Versteinerungsmitteln hat man keine anderen bis jetzt im Kohlengebirge angetroffen. Holz fand man aber im Liaskalk (Kap. XX.) und einen Coniferen-Zapfen in tertiären Schichten durch Barytspath

[1]) Edinburgh new Philos. Journ. T. XVIII. p. 363.

versteinert. Diese Zapfen kommen auch durch Gyps versteinert vor [1]).

Incrustationen vorweltlicher Pflanzen kommen viel seltener als Versteinerungen durch Imprägnation vor. Die Pflanzentheile bilden Abdrücke in der incrustirenden Masse und sie selbst findet man in ein braunes Pulver zersetzt. Nur sehr selten ist die innere organische Beschaffenheit derselben noch erkennbar. Kieselsäure und kohlensaurer Kalk sind die gewöhnlichen Substanzen, welche im aufgelösten Zustande incrustirend gewirkt haben; aber auch suspendirte Theile (Schieferthon, Thonschiefer u. s. w.), haben und noch häufiger, Abdrücke von Pflanzentheilen bewirkt.

Die in der Steinkohlen-Formation vorkommenden Baumstämme, welche zum Theil aufrecht stehen, und im Innern mit demselben Gestein erfüllt sind, welches sie aufsen umgibt, und deren Rinde in Steinkohle umgewandelt ist [2]), erregen ein besonderes Interesse. Nöggerath [3])

---

[1]) Blum Nachtrag I zu den Pseudomorphosen des Mineralreichs S. 176 und Göppert im neuen Jahrbuch für Mineralogie u. s. w. S. 24. Bemerkenswerth ist, dafs jenes Holz da, wo sich der Barytspath findet, in Pechkohle umgewandelt ist. Diese liegt auch mitten im Barytspath.

[2]) Nach Göppert (Zeitschrift der deutschen geolog. Gesellschaft. Bd. III. S. 294) ist in der Steinkohlenformation von *Oberschlesien* Thoneisenstein, in *Niederschlesien* ein sehr weicher, an der Luft bald zerfallender Schieferthon, in dem Uebergangsgebirge bei *Landshut* in *Schlesien* ein mehr oder minder grobkiesiges Conglomerat die Ausfüllungsmasse; daher ist auch in jenen ersteren Orten die natürliche runde Form des Stammes am besten erhalten. In *Oberschlesien* ist die Rinde des Stammes wie die der Asche im Innern aus einer mehr oder minder dicht anliegenden, kohligen Masse gebildet. Im Uebergangsgebirge bei *Landshut* findet man, wie an allen dort vorkommenden Stämmen, nur einen schwachen, leicht entfernbaren anthrazitähnlichen Staub. Die Conservation der Rinde der Baumstämme erklärt sich daraus, dafs auch bei noch jetzt lebenden Stämmen das Gewebe derselben am längsten der Fäulnifs widersteht. Göppert (Poggendorff's Ann. Bd. LXXXVI. S. 483) macerirte Arum arborescens sechs Jahre lang; die Rinde hatte sich vollständig erhalten, während die Gefäfsbündel ganz aufgelöst waren.

[3]) Ueber aufrecht im Gebirgsgestein eingeschlossene fossile Baum-

sammelte, was hierüber früher bekannt war, und fügte neuere, bei *Wellesweiler* in der Steinkohlen-Formation von *Saarbrücken* gemachte Entdeckungen hinzu. Zwischen zwei Steinkohlen-Flötzen, welche durch eine 49 Fuſs mächtige Schicht von Sandstein und sandigem Schieferthon von einander getrennt waren, fand sich fast in der Mitte derselben ein senkrecht stehender versteinerter Baumstamm von 9 Fuſs 8 Zoll Höhe und 13 bis 18 Zoll Durchmesser. An anderen Stellen wurden später noch sieben ähnliche versteinerte Baumstämme und im Innern von zweien derselben mehrere Pflanzenabdrücke[1]), zum Theil auch schilfartige Stengel mit einer dünnen Steinkohlenhülle gefunden. Einer von diesen Baumstämmen, ohne Wurzelenden, aber auch ohne scharfe Trennung vom Gestein, stand, so weit das untere Ende zu erkennen war, 14 bis 21 Fuſs über einem Steinkohlenflötze im Schieferthon. Ein anderer gleichfalls im Schieferthon gestandener Baumstamm ruhte unmittelbar auf einem ½ Zoll mächtigen Steinkohlenflötz, unter welchem sich wiederum Schieferthon befand. In der Steinkohlengrube *Hohlwald*, unweit *Wellesweiler*, wurde ein Baumstamm von 2½ Fuſs Durchmesser bis zu einer Höhe von 8½ Fuſs entblöſst.

---

stämme. 1819. Fortgesetzte Bemerkungen. 1821. Naumann's Geognosie. Bd. II. S. 545.

[1] Auch v. Schlottheim (Beiträge zur Flora der Vorwelt. S. 21) erwähnt solche Pflanzenabdrücke in versteinerten Stämmen. — In einer hohlen Buche, welche noch kräftig vegetirte, fand ich an den innern Wänden viele Wurzeln, wovon eine ungefähr ¼ Zoll dick war, angewachsen. Sie verbreiteten sich in der durch Vermoderung entstandenen Holzerde. Stengel in versteinerten Baumstämmen können daher auch von solchen Wurzeln herrühren. Blätter finden sich in den hohlen Bäumen in groſser Menge.

Ich weiſs nicht, ob diese Erscheinung schon von Botanikern beobachtet worden ist. Die Natur scheint sich dieses Mittels zu bedienen, um solchen kranken Bäumen Nahrungsstoffe von innen und zwar auf Kosten ihres eigenen verfaulten Holzes zuzuführen, und daher mag es kommen, daſs, obgleich häufig nur die Rinde der Baumstämme noch übrig geblieben ist, dennoch die Vegetation noch kräftig fortschreitet. Vielleicht ist dies die Ursache der bedeutenden Abnahme des Volumens des Holzes, wenn Baumstämme im Innern faulen (S. 778).

Er stand ebenfalls im Schieferthon innerhalb zweier Steinkohlen-Flötze. In der Grube *Geislautern* fand man einen versteinerten Baumstamm, welcher ungefähr 3 Fufs Durchmesser gehabt haben soll. Er stand unmittelbar auf einem Steinkohlenflötze, ohne dafs man in demselben eine Spur von Wurzeln wahrnehmen konnte.

Schmidt[1]) beschrieb eine aufrecht stehende ungefähr 7 Fufs hohe versteinerte Pflanze, welche bei Kloster *Kumbeck* unweit *Arnsberg* in einer sandigen Schieferthon-Schicht von gleicher Höhe gefunden wurde. Auf dem Schafte desselben safs ein in Sphärosiderit umgewandelter Knopf, der den auf dem Schieferthon ruhenden Kohlensandstein fast berührte. Die büschelförmige Wurzel war kaum noch wahrzunehmen. Graf v. Sternberg gab von einem aufrecht stehenden fossilen Baumstamme ohne Wurzelenden in der Herrschaft *Radnitz* in *Böhmen* Nachricht, dessen Unterlage Schieferthon war, welcher auf einem 4 Zoll dicken Steinkohlenflötz ruhte.

Hawkshaw[2]) beschrieb fünf fossile Baumstämme, welche durch einen Einschnitt auf der *Manchester* und *Bolton*-Eisenbahn entblöfst wurden; sie standen aufrecht auf der Schichtungsfläche des Kohlenflötzes und ihre Wurzeln entsprachen gleichfalls denselben. Der gröfste von ihnen hatte unten 5 Fufs Durchmesser und 11 Fufs Höhe.

Vor einigen Jahren fand man in einem Einschnitte der *Saarbrücker* und *Bexbacher* Eisenbahn viele fossile Baumstämme. Einer derselben, ein mit Wurzeln versehener Stamm von 9—11 Zoll Höhe und 15—21 Zoll Durchmesser, ist im Museum der Universität zu *Bonn* aufbewahrt. Er stand 28 Fufs unter der Dammerde senkrecht auf einer, aus thonigem Kohlensandstein und Schieferthon bestehenden Schicht, welche ihn 8 Fufs hoch bedeckte[3]).

Die Zusammensetzung eines von einem Wurzelende

[1]) Nöggerath a. a. O. S. 52.

[2]) Proceedings of the geological Society. London. No. 64 and 69.

[3]) Göppert in der Zeitschrift der deutschen geologischen Gesellschaft. Bd. III. S. 285. — Göppert beschreibt noch ein anderes Stammbruchstück aus der Steinkohlen-Formation bei *Waldenburg*, welches mit Schieferthon ausgefüllt und mit runzlicher Rinde und Narben der Stigmaria bedeckt war.

dieses Baumstammes abgeschlagenen Stückes ist nach meiner Analyse

Kieselsäure	62,37
Thonerde	18,64
Eisenoxyd	7,82
Kalkerde	0,12
Magnesia	0,57
Organische Substanzen	1,51 [1])
Wasser	4,76 Glühverlust
Alkalien und Verlust	4,21
	100,00

Diese Zusammensetzung kommt der der Schieferthone II. und III. S. 759 so nahe, dafs jene Anfüllungsmasse nur für Schieferthon mit dem geringsten Kieselsäuregehalt zu halten ist. Der Baumstamm kann daher nur durch die im Wasser suspendirt gewesenen Theile erfüllt worden sein, und derselbe Fall hat ohne Zweifel bei allen Baumstämmen dieser Art stattgefunden.

Auf welche Weise solche auf mechanischem Wege versteinerte Baumstämme entstanden sind, darüber herrschen verschiedene Ansichten. Nöggerath und mehrere andere Naturforscher sind der Meinung, dafs sie in der Gegend ihres Vorkommens und sogar oft da, wo wir sie finden, gewachsen seien. Joh. v. Charpentier[2]) ist dagegen der Ansicht, dafs sie dahin, wo wir sie finden, geführt worden seien.

Nach der ersten Annahme würde zwischen der Bildung der Schichten, in denen die Bäume gewachsen wären, und denen, in welchen sie gefunden werden, ein so langer Zeitraum verflossen sein, als das Wachsthum so dicker Bäume erfordert hätte. Während dieses Wachsthums würden jene Schichten über dem Meere gewesen, später unter dasselbe gesunken sein. Da die bisherigen Beobachtungen keine bestimmte Grenze zwischen den Schichten, worauf die Bäume gewachsen wären, und denen, in welchen sie sich finden, nachweisen: so müfste das Material für beide

[1]) Die organischen Substanzen sind etwas zu gering bestimmt; denn die ausgeschiedene Kieselsäure war grau, und wurde erst nach starkem Glühen weifs.

[2]) Bibl. univ. 1818. T. IX. p. 254.

sedimentäre Bildungen identisch gewesen sein. Wenn auch die oft so mächtigen Schichten in der Steinkohlen-Formation eine Unveränderlichkeit der im Meere suspendirt gewesenen erdigen Theile während langer Zeiträume voraussetzen: so scheint es doch, dafs irgend eine Verschiedenheit zwischen Schichten, deren Bildung in so weit aus einander gelegene Zeiträume fällt, wahrgenommen werden müfste.

Denken wir uns, dafs eine mit Wald bewachsene Schicht von gleicher Dicke und in horizontaler Lage so gleichförmig sinkt, dafs sie auch noch unter dem Meere ihre horizontale Lage beibehält; denken wir uns ferner, dafs diese Schicht durch neue Absätze des Meeres an Dicke gleichförmig zunimmt: so wird der ursprüngliche Parallelismus zwischen Hangendem und Liegendem nicht gestört. Sinkt aber eine mit Wald bewachsene Schicht ungleichförmig, so dafs sie unter dem Meere eine geneigte Lage annimmt, und wird dieselbe gleichförmig mit neuen Absätzen bedeckt: so convergirt die neue Schicht mit der alten. Da die Schichten der Steinkohlen-Formation ihre Dicke auf weite Strecken beibehalten: so möchte eine solche Convergenz leicht zu beobachten sein. Der Parallelismus oder Nichtparallelismus zwischen der alten und neuen Schicht wird auch dann noch unverändert bleiben, wenn spätere Hebungen oder Senkungen die ganze Steinkohlen-Formation aus ihrer ursprünglichen Lage gebracht haben. Gleichförmige Senkungen oder Hebungen gehören zu den grofsen Seltenheiten, wie die aufgerichteten Schichten und die Hebung von *Schweden* zeigen. Es ist daher zu erwarten, dafs Hangendes und Liegendes einer Schicht, in welcher aufrecht stehende Baumstämme vorkommen, viel häufiger convergiren, als parallel laufen würden. Ob jene Convergenz an irgend einer Stelle, wo man solche Baumstämme gefunden hat, bemerkt worden ist, ist uns nicht bekannt. Sollte sie sich irgendwo zeigen: so würde dies einen Beweis abgeben, dafs solche Bäume wirklich an dem Orte ihres Vorkommens gewachsen wären. Sollte aber überall Liegendes und Hangendes, welche eine solche Schicht einschliefsen, in parallelen Lagen gefunden werden: so würde dies ein Gegenbeweis sein. Es ist daher

sehr zu wünschen, dafs Geologen an solchen Stellen, wo versteinerte aufrecht stehende Baumstämme gefunden werden, die in Frage stehenden Verhältnisse so weit ermitteln möchten, als sie sich ermitteln lassen.

Wo Vegetation stattfindet, da bildet sich Dammerde. Alles Laub, alle Aeste, welche in einem Urwald von den Bäumen abfallen und vermodern, liefern sie. Hätte auf dem Schieferthon auch nur eine einmalige Baumvegetation stattgefunden: so würde schon eine nicht unbeträchtliche Schicht Dammerde, welche sich unter dem Meere in Steinkohle umgewandelt haben würde, entstanden sein. Diese Schicht müfste sich abwärts von dem untern Ende der versteinerten Baumstämme finden, wie dies Bäume, deren Wurzeln durch herabgestürztes Erdreich entblöfst sind, zeigen. Wo sich solche wenn auch nur einige Zoll dicke Kohlenlagen finden, ist die Wahrscheinlichkeit vorhanden, dafs die fossilen Baumstämme am Orte ihres Vorkommens gewachsen seien. Wo sie sich nicht finden, könnte man annehmen, die Pflanzenüberreste seien, während der Senkung unter das Meer, von den Fluthen weggespült worden. In diesem Falle müfste mit dieser Senkung eine heftige Bewegung des Meeres zusammen getroffen sein; denn wäre sie bei stillem oder nur wenig bewegtem Wasser von Statten gegangen: so würden die Pflanzenüberreste bald von den mechanischen Absätzen des Meeres bedeckt worden sein. Da Senkungen als Folgen von Erdbeben gedacht werden können: so läfst sich zwischen ihnen und heftigen Bewegungen des Meeres ein Causalnexus begreifen. Da aber Erdbeben nur einen kurzen Verlauf haben: so fehlte es an der zum Wegspülen einer mehr oder weniger mächtigen Lage vegetabilischer Reste nöthigen Zeit. Trat bald hierauf wieder Ruhe ein: so würden wenigstens, ehe alles weggespült worden wäre, die Absätze begonnen haben, und man müfste noch Spuren von jenen Resten an den Wurzeln der versteinerten Baumstämme finden.

Der so häufige aufrechte Stand der fossilen Baumstämme scheint der Ansicht, dafs dieselben am Orte ihres Vorkommens gewachsen seien, eine wesentliche Stütze zu leihen. Dafs sich auch im Treibholze aufrecht stehende Baumstämme finden, ist im Vorhergehenden durch mehrere

Beispiele nachgewiesen worden. Es läfst sich übrigens die Nothwendigkeit zeigen, dafs sie unter gewissen Umständen in dieser Stellung auf den Meeresgrund gelangen können. In einem bis zu seinen Wurzeln hohlen Baumstamme fällt der Schwerpunkt unterhalb der Stelle, wo sich die Höhlung endigt. Ein solcher Stamm wird in aufrechter und sogar in vollkommen senkrechter Stellung schwimmen, wenn seine entgegen liegenden Wurzeln von gleicher Länge und Dicke sind. Da letzteres gewifs nur äufserst selten der Fall sein wird: so werden die schwimmenden Stämme meist von der senkrechten Stellung mehr oder weniger abweichen. In derselben Stellung, in welcher sie schwimmen, kommen sie aber auf den Meeresgrund, wenn sie untersinken. Ist der Meeresgrund horizontal, liegen die Wurzelenden in einer Ebene: so kommen sie selbst dann in senkrechte Stellung, wenn sie nicht in derselben schwammen. Finden diese Bedingungen nicht statt, so wird ihre Stellung auf dem Meeresgrunde mehr oder weniger von der senkrechten abweichen.

In dem oben (S. 823) erwähnten fossilen Baumstamme ist der Abstand zwischen den längsten Wurzelenden etwas mehr als 2mal so grofs als sein Durchmesser, und $3^1/_2$mal so grofs als seine Höhe. Sein Schwerpunkt würde daher, wenn er auch nicht hohl gewesen sein sollte, noch unterhalb seiner halben Höhe gefallen sein. Ein solcher Stamm konnte nur aufrecht schwimmen und in dieser Stellung auf den Meeresgrund kommen. Ein Stamm einer Kiefer von $2^1/_4$ Zoll Durchmesser, der $2^1/_2$ Zoll über den Wurzeln abgeschnitten wurde und eine 7 Zoll lange Pfahlwurzel hatte, und in welchem der Abstand zwischen den längsten Wurzelenden 12 Zoll betrug, schwamm aufrecht im Wasser, jedoch in nicht ganz senkrechter Stellung, weil eine von den Wurzeln viel dicker als die anderen war. Nachdem die Pfahlwurzel etwas beschwert worden, sank er unter und stand auf dem Grunde des Teiches aufrecht.

Baumstämme mit kleinen Wurzeln und von bedeutender Höhe, in welchen der Schwerpunkt weit über ihre Wurzeln fällt, und noch weniger Baumstämme ohne Wurzeln, können nicht aufrecht schwimmen, wenn sie nicht etwa zufällig zwischen grofsen Massen von Treibholz einge-

klemmt sind; sie können daher nur in horizontaler Lage auf den Grund des Meeres gelangen. Finden sich gleichwohl hohe und dünne fossile Baumstämme, mit oder ohne Wurzeln, aufrecht in den Gesteinen der Kohlenformation, wie z. B. im Kohlensandsteine von *le-Treuil* bei *St. Etienne:* so hält es schwer, sich das Niedersinken solcher Baumstämme in solcher Stellung während des Absatzes des sie umhüllenden Gesteins zu denken. Jedoch der Umstand, dafs sich die Wurzeln in einem verschiedenen Niveau befinden, so wie überhaupt die ganze Art der Erscheinung dieser Stämme widerspricht, wie schon Constant Prévost und Lindley bemerkt haben, der Ansicht, dafs sie sich an ihrem ursprünglichen Standorte befinden. Auch in dem von Richard Brown mitgetheilten Profil von der Kohlenformation von *Sydney* auf *Cape-Breton* sieht man, dafs das zweite System der Wurzeln der dortigen aufrecht stehenden Stämme gleichfalls in verschiedenen Niveau's in der Schieferthonschicht liegt. Kommen endlich, wie im Hangenden der *Appalachian*-Kohlenformation und an anderen Orten fossile Baumstämme in allen Lagen vor (S. 814 u. 804): so gewinnt die Vorstellung, dafs sie als Treibholz herbeigeführt worden sind, in hohem Grade den Vorzug. Wenn auch in einem Urwalde neben noch vegetirenden Bäumen abgebrochene in allen Stellungen vorkommen: so werden beim Niedersinken unter das Meer doch nur die mit ihren Wurzeln befestigten ihren Stand behaupten, die übrigen lose liegenden Bäume aber schwimmen. Sinken diese später nieder: so können sie gewifs nicht in eine schiefe Stellung kommen.

Fassen wir alles zusammen, so können wir nur die Ansicht gewinnen, dafs die fossilen Baumstämme theils von im Meere untergesunkenen Wäldern, theils von auf demselben schwimmenden Treibholz herrühren mögen. Und warum sollte nicht beides möglich sein, da untermeerische Wälder, wie schwimmende Baumstämme, bekannte Erscheinungen sind? — Lyell[1]) führt mehrere Beispiele an. Diese Wälder mufsten durch eine allgemeine Senkung des Grundes, auf dem sie gewachsen waren, in ihre derma-

[1]) Principles. p. 288. 309 und 719.

lige Lage gekommen sein. Ein solcher Wald, der 15 bis 20 Fufs hoch mit abgesetztem Thon bedeckt war, wurde mehrere Meilen von der nördlichen Küste der Grafschaft *Fife* entdeckt.

Der Ansicht Nöggerath's, dafs es hohle Bäume waren, die mit sedimentären Substanzen ausgefüllt wurden, müssen wir beipflichten. Hawkshaw bemerkt indefs ganz richtig, dafs grofse Bäume schwerlich hohle Rohre gewesen sein können. Da die Art dieser Bäume auf ein wärmeres Klima zur Zeit ihres Wachsthums schliefsen läfst, als es jetzt an den Orten ihres Vorkommens herrscht: so mufsten die durch Sturm abgebrochenen Bäume durch Vermoderung sehr schnell zerstört werden, während ihre Rinde sehr lange unveränderlich bleiben konnte.

Wir bezweifeln jedoch nicht ganz die Möglichkeit, dafs nicht auch Pflanzen, welche, wie die Calamiten grofse Zellen enthalten, mit Sedimenten erfüllt werden konnten. Gehen die im Flufswasser suspendirten erdigen Theile sogar durch Filtrirpapier: so gelangen sie auch in Zellen und setzen sich darin ab; ganze Pflanzen und Stengel, die sich, wie wir gesehen haben, in versteinerten Baumstämmen finden, können aber nicht in solche Zellen dringen.

Dafs in untermeerischen Wäldern hohle Bäume, an denen es wohl nicht gefehlt haben wird, mit Thon ausgefüllt worden sein werden, ist unzweifelhaft. Was würde sich aber wohl zeigen, wenn der Boden solcher untermeerischen Wälder einstens über das Meer erhoben werden sollte? — Nur diejenigen Bäume würden mit Thon ausgefüllt erscheinen, welche vor dem Niedersinken hohl waren, die nicht hohl gewesenen, deren Zahl, wenn man nach dem Verhältnisse jener zu diesen in unsern Wäldern schliefst, viel gröfser, als die der hohlen gewesen sein würde, würden sich in kohlige Substanzen umgewandelt haben. Sowohl die mit Thon ausgefüllten, als die ganz verkohlten Baumstämme könnten ihre aufrechte Stellung beibehalten haben. Erfolgt aber die Senkung eines Waldes so langsam, dafs die Bäume für eine lange Zeit den Meeresfluthen ausgesetzt bleiben: so werden sie schwerlich ihre aufrechte Stellung beibehalten, sondern umgestürzt werden und pell-mell zu liegen kommen. Dafs auch

in diesem Falle die hohlen Bäume mit Sedimenten ausgefüllt werden können, ist nicht zu bezweifeln.

Man möchte gegen die Entstehung der mit Sedimenten ausgefüllten Bäume aus versunkenen Wäldern noch die Einwendung machen, dafs solche Bäume nur vereinzelt gefunden werden, und dafs die Wälder der Vorzeit gewifs eben so dicht gedrängt mit Bäumen waren, wie unsere heutigen Urwälder. Beachtet man indefs, dafs beim Steinkohlen-Bergbau die zwischen den Steinkohlen-Flötzen liegenden Schichten nur selten abgebaut, mithin versteinerte Bäume nur durch zufällige Umstände gefunden werden: so können wir dieser Einwendung nur ein geringes Gewicht beilegen. Uebrigens hat man in dem schon angeführten Einschnitte auf der *Saarbrücken-Bexbacher* Eisenbahn so viele versteinerte Baumstämme gefunden, dafs sie wie ein Wald erscheinen.

Gelangen hohle Bäume, deren Inneres mit vermoderten feinen Holztheilchen erfüllt ist, in das Meer: so werden diese vom Wasser herausgespült und sinken nieder[1]). Aber auch die hohlen Bäume werden bald niedersinken; denn das vermoderte Buchenholz geht selbst in gröfseren Stücken im Wasser unter (S. 797). Das Niedersinken wird um so leichter erfolgen, wenn Bäume und deren Wurzeln mit Steinen und Erde beladen sind. In diesem Falle sinken sie natürlich mit ihren aufwärts gerichteten Aesten nieder. So sind Baumstämme mit ihren abwärts gekehrten Wurzeln, welche in ihrer verticalen Stellung durch einen Strom fortgetrieben werden, im *Mississippi* gewöhnlich, und Bäume wurden während der Fluth im *Bagnien*-Thal fortgeschwemmt und zu *Martigny* aufrecht stehend abgesetzt[2]). Dafs in solche auf dem Boden des Meeres aufrecht stehende, hohle Baumstämme ebenso schwebende Theile sinken werden als um sie herum, ist von selbst

---

[1]) Merian beschreibt ein grofses ästiges Stück eines theilweise versteinerten, theilweise blos verkohlten Holzes, wahrscheinlich von einer Conifere herrührend, aus dem Lias bei *Fringeli* im Kanton *Solothurn*. Es ist mit grofsen Serpulen bedeckt, also in das damalige Meer geschwemmt worden. (Verhandl. d. naturf. Gesellsch. in Basel. Heft III. S. 408.)

[2]) De la Beche Geological Manual. p. 428.

klar, und da Baumstämme in Wäldern nicht selten so ausgehöhlt werden, dafs fast nur die Rinde übrig bleibt: so stimmt dies mit dem Vorkommen von fossilen Baumstämmen überein, deren Rinde in Kohle umgewandelt ist. Da die oben (S. 823) angeführten fossilen Bäume auf der *Manchester-Bolton*-Eisenbahn, nach Rob. Brown, zu den Coniferen gehören: so können wir uns ihre Versteinerung nicht anders erklären, als dafs ihr Inneres erst durch Vermoderung entfernt worden ist.

Einen schwierig zu erklärenden Umstand führen wir noch an. Die hohlen Bäume in den Wäldern haben noch gesunde nicht hohle Wurzeln. Der im hiesigen Museum aufbewahrte Baumstamm, so wie wahrscheinlich alle fossile Baumstämme, die noch Wurzeln haben, ist aber bis zu den Wurzelenden mit Schieferthon erfüllt. So lange für diese Erscheinung keine bessere Erklärung gefunden wird, möchten wir den schwefelsauren Kalk im Meerwasser für das Mittel halten, dessen sich die Natur bediente, das Vegetabilische aus den Wurzeln zu verdrängen (S. 816 ff.). Der kohlensaure Kalk, welcher durch gegenseitige Zersetzung des schwefelsauren Kalk und der Holzsubstanz entstand, könnte durch die Kohlensäure im Meerwasser fortgeführt worden sein, während die in demselben suspendirten Schieferthontheilchen den leeren Raum der zerstörten Wurzeln ausgefüllt hätten. Ging aber ein solcher Procefs in den Wurzeln von Statten: so ist er auch im Stamme der Bäume denkbar, und dann würde es möglich sein, dafs auf diese Weise selbst nicht hohle Bäume mit Sedimenten ausgefüllt worden wären. Immerhin müssen wir jedoch unbekannte Bedingungen voraussetzen, unter welchen vegetabilische Substanzen durch schwefelsauren Kalk zersetzt werden; denn wäre dieser Procefs ein allgemeiner: so könnte im Meere gar keine Steinkohlen-Bildung stattgefunden haben.

Die versuchte Erklärung findet ihre Anwendung, mögen sich die Baumstämme noch am Orte ihres Wachsthums befinden, oder mögen sie im Meere niedergesunken sein. In jenem Falle würde, da die Wurzeln noch in ihrem ursprünglichen Boden eingegraben gewesen wären, das Meerwasser einen beschränkten, in diesem Falle einen freien

Zutritt gehabt haben. Die Verschiedenheit würde indefs die Erklärung der Versteinerung der Wurzeln in dem Boden, in welchem sie gewachsen sind, nicht erschweren. Aber der schon oben hervorgehobene Umstand, dafs die im Meerwasser suspendirt gewesenen erdigen Theile in zwei weit von einander abliegenden sedimentären Perioden ganz identisch gewesen sein müfsten, tritt einer solchen Annahme abermals entgegen. Es ist, da sich durchaus keine Verschiedenheit zwischen dem Gestein, welches den Raum der zerstörten Wurzeln einnimmt, und dem der Umgebungen zeigt, die gleichzeitige Bildung beider Gesteine gewifs viel leichter, als die ungleichzeitige zu begreifen.

Die Umwandlung der vegetabilischen Substanzen in Steinkohle findet sich nicht selten mit einer Versteinerung combinirt. So kommen in den Braunkohlen, zum Theil mitten in denselben, steinartige braune Stücke vor, deren Kohlenstoff nicht für sich, sondern nur im Feuer verbrennt, wodurch die organische Textur hervortritt. Die äufsere Form vieler solcher Trümmer zeigt überdies, dafs sie Stamm- und Aststücke von baumartigen Gewächsen sind. Diese halb verkohlten und gleichzeitig durch Kieselsäure oder Kalkerde versteinerten Massen finden sich beinahe in allen Formationen und begleiten die Kohlenflötze im Liegenden und Hangenden ihrer Thon- und Sandstein-Schichten. Auch viele der im Uebergangsgebirge vorkommenden, sogenannten versteinerten Hölzer und selbst die kleinen verkohlten Pflanzentrümmer im Süfswasserkalk sind von dieser Art. Diese Massen unterscheiden sich demnach von den ganz versteinerten vegetabilischen Ueberresten darin, dafs in jenen die organischen Bestandtheile nur theilweise, in diesen gänzlich durch die in Gewässern gelösten mineralischen Substanzen verdrängt wurden.

Kapitel XVI.

Schwefelwasserstoff- und Schwefelsäure-Exhalationen. Schwefel.

Unter den Exhalationen aus Vulkanen, wenn sie in den Zustand von Solfataren übergehen, finden wir fast immer Schwefelwasserstoffgas. Aus Schwefelquellen entwickelt es sich zugleich mit Kohlensäuregas, Stickgas und manchmal auch mit Kohlenwasserstoffgas. Beim Erbohren artesischer Brunnen hat man es schon oft erhalten. Auch aus faulenden schwefelhaltigen organischen Substanzen, und da, wo organische Substanzen mit schwefelsauren Salzen vorkommen, entwickelt es sich. Schwefelwasserstoffgas-Entwicklungen sind daher sehr frequente Erscheinungen.

Ohne Gegenwart von Wasser kann kein Schwefelwasserstoffgas aus unorganischen Stoffen entstehen. In der Natur kommt es auch stets entweder vom Wasser absorbirt, wie in den Schwefelquellen, oder mit Wasserdämpfen, wie in den Solfataren vor. Aus glühenden Massen kann es sich nicht bilden, schon defshalb nicht, weil es durch Hitze zersetzt wird. Daher wird es in den Rauchsäulen der Solfatara, nicht aber in denen des *Vesuv* angetroffen[1]).

In unsern Laboratorien entwickeln wir Schwefelwasserstoffgas aus mehreren Schwefelmetallen. Aus den sogenannten Schwefellebern entwickelt es sich auch, nach meinen Versuchen, wenn Wasser über denselben gekocht wird. Ein mit einer Lösung von essigsaurem Bleioxyd getränktes Papier wird schon merklich braun gefärbt, wenn es auf eine Schale gelegt wird, in welcher sich Schwefelcalcium mit 35° R. warmem Wasser übergossen befindet. I. Aufl. Bd. I. S. 654 und Bd. II. S. 157.

Durch welche Processe wird Schwefelwasserstoffgas in der Natur gebildet? — Berücksichtigt man, dafs die

[1]) Monticelli und Covelli der *Vesuv*. Uebers. S. 171.

Schwefelquellen in der Nähe von Kohlenflötzen, aus bituminösen Schiefern, Stinksteinen, aus Moorgründen, kurz aus Gebilden kommen, welche beladen mit organischen Ueberresten sind, dafs in allen Quellen organische Substanzen aufgelöst sind, dafs endlich alle bis jetzt untersuchte Schwefelquellen schwefelsaure Salze enthalten [1]): so sind alle Bedingungen zur Bildung von Schwefellebern und von Schwefelwasserstoffgas gegeben [2]).

Selbst wenn Schwefelquellen nicht aus Formationen kommen, welche mit organischen Stoffen überladen sind: so läfst sich doch deren Einflufs auf ihre Bildung nachweisen. So enthalten nach Bronn [3]) die in *Italien* hauptsächlich aus der Subapenninen-Formation entspringenden Schwefelquellen gewöhnlich etwas organische Materie.

Ueber die Bildung der Schwefelquellen, namentlich der warmen in den Pyrenäen, tauchten in neuester Zeit mehrere, meist sehr seltsame Ansichten auf. Durocher [4]) nimmt in der Tiefe der Erde Ablagerungen von Schwefelnatrium an. Gegen diese hypothetische Annahme traten Deville [5]) und Delesse [6]) auf. Aber auch die Erklärung, welche jener Chemiker gibt, dafs Schwefelwasserstoff und Wasserdampf auf die Feldspathgesteine unter der Siedhitze wirke, ist ungenügend, weil sie nicht nachweiset, wie das Schwefelwasserstoffgas entsteht; überdies könnte diese Erklärung keinen Bezug auf die Bildung kalter Schwefelquellen haben. Deville's Erklärung dreht sich im Kreise herum, indem sie am Ende zur Reduction der schwefelsauren Salze durch die organischen Substanzen in den Quellen zurückkehrt. Fremy hält diese Reduction nicht für alle Fälle anwendbar, dagegen die Annahme

---

[1]) L. R. v. Fellenberg fand in den Schwefelquellen des *Gurnigelbades* unterschwefligsaure Kalkerde und Schwefelcalcium und Schwefelmagnesium. (?) Mitth. der naturf. Ges. in *Bern* aus dem Jahr 1849. S. 69.

[2]) Der Kürze wegen nennen wir diesen Procefs in der Folge den Reductionsprocefs der schwefelsauren Salze.

[3]) Handbuch einer Geschichte der Natur. Bd. I. S. 153.

[4]) Bulletin de la soc. geol. Ser. II. T. X. p. 424.

[5]) Ebend. p. 426.

[6]) Ebend. p. 429.

der Existenz von Schwefelsilicium, Schwefelbor, Schwefelaluminium und Schwefelmagnesium in gewissen Formationen für zulässig u. s. w. Gegen diese Annahme ist zu erinnern, dafs es allerdings sehr leicht ist, Verbindungen, welche bis jetzt nur als Kunstproducte bekannt sind, im Innern der Erde vorauszusetzen, und zu ihrer Bildung Druck und Temperatur zu Hülfe zu nehmen; durch solche unhaltbare Annahmen kommen wir aber in der Wissenschaft keinen Schritt vorwärts. Wann wird denn einmal die Zeit kommen, wo man sich schämen wird, mit solchen Speculationen hervorzutreten?

Die oben (Kap. I. No. 27 u. S. 558) angeführten Thatsachen reichen hin, die Bildung von Schwefelwasserstoff und Schwefelquellen zu erklären. Ueberall wo daher Wasser, welche schwefelsaure Salze enthalten, mit organischen Ueberresten in Berührung sind, entwickelt sich Schwefelwasserstoffgas. Daher unter andern in alten verlassenen Steinkohlengruben, wenn eingeschlossene Wasser gypshaltig sind [1]).

Nach Untersuchungen von Lewy [2]) enthält das Meerwasser aus den Umgebungen von *Caen*, zwischen der Küste von *Langrune* und *Lyon*, geringe Quantitäten Schwefelwasserstoff und, wie es scheint, in constanter Menge, welche am Morgen bis auf 0,30, am Abend bis auf 0,32 Cubikcentimeter in einem Liter Wasser steigt. Nimmt man Meerwasser aus Pfützen, in denen es beim Eintritte der Ebbe zurückbleibt, so variirt die Menge des Schwefelwasserstoff im Verhältnisse der Gegenwart oder Abwesenheit der Meerthiere und besonders der Muscheln, welche so häufig und so reichlich den Boden dieser Pfützen auskleiden. Wasser aus Pfützen, welche frei von Pflanzen und Meerthieren dem Anscheine nach sind, enthält niemals über 0,33 Cubikcentimeter Schwefelwasserstoff, wäh-

---

[1]) In solchen Steinkohlengruben finden nicht selten eben defshalb Unglücksfälle statt. Vor einigen Jahren haben in einer alten Steinkohlengrube in der Nähe von *Aachen* einige Bergleute ihr Leben verloren.

[2]) L'Institut 1846. N. 665. Ueber die Effluvien, welche sich am Ausflusse der mit organischen Stoffen beladenen Ströme in das Meer entwickeln. I. Aufl. Bd. I. S. 656

rend letzterer in den mit Muscheln ausgekleideten Pfützen bis auf 1, 2, 3 und selbst bis auf 7 Cubikcentimeter im Liter steigt. Also auch in diesen Fällen zeigt sich eine Wechselwirkung zwischen schwefelsauren Salzen und organischer Materie.

Da es nicht bezweifelt werden kann, dafs die dem Meere zuströmenden Flüsse Metallsalze, wenn auch in aufserordentlich verdünnten Auflösungen, mit sich führen: so erscheint es als eine weise Anordnung, dafs sich im Schwefelwasserstoffe des Meerwassers ein Fällungsmittel darbietet, um auch die geringsten Minima daraus niederzuschlagen, und so die allmälige Anhäufung dieser den Thieren feindlichen Substanzen zu verhindern.

Auch in krystallinischen Gesteinen, in denen es in der Regel an organischen Ueberresten fehlt, kann die Bildung des Schwefelwasserstoff gedacht werden, wenn Tagewasser aus sedimentären Gebilden oder aus der Dammerde organische Stoffe ihnen zuführen; denn schwefelsaure Salze sind sehr häufige Bestandtheile krystallinischer Gesteine. Die Gegenwart des Baregin in den Schwefelquellen, welche im granitischen Bezirke der *Pyrenäen* entspringen, weisen die organischen Substanzen in Auflösung nach.

Nicht minder mögen auch in den Solfataren manchmal organische Ueberreste die Ursache der Schwefelwasserstoff-Exhalationen sein. Die Solfatara von *Puzzuoli* entwickelt mit grofser Heftigkeit ununterbrochen fort Wasserdämpfe [1]). Das Wasser, welches in den Heerd dieses ausgebrannten Vulkans dringt, enthält, es mag Meer- oder Tagewasser sein, organische Substanzen. Im Meerwasser sind auch die schwefelsauren Salze, mithin alle Bedingungen zur Bildung von Schwefelwasserstoff gegeben, die noch überdies durch die hohe Temperatur in der Solfatara begünstigt wird.

Die Reduction schwefelsaurer Salze mittelst organischer Substanzen ist ein langsam fortschreitender Procefs. Wenn blos der Kohlenstoff dieser Substanzen den Sauerstoff in der Schwefelsäure und in der Salzbasis ergreift, so bildet sich zweimal so viel Kohlensäure, als zur Ent-

---

[1]) Hinterlassene Werke von Fr. Hoffmann. Bd. II. S. 466.

wicklung des Schwefelwasserstoff erforderlich ist. Unter diesen Umständen mufs sich stets mit dem Schwefelwasserstoffe Kohlensäuregas entwickeln, welches nach allen bisherigen Analysen von Schwefelquellen und von Exhalationen aus denselben der Fall ist.

Alle diese Processe laufen darauf hinaus, dafs zuerst durch Zersetzung eines alkalischen oder erdigen schwefelsauren Salzes mittelst kohlenstoffhaltiger Substanzen eine Schwefelleber entsteht, und dafs diese hierauf durch Wasser und durch die sich bildende Kohlensäure zersetzt wird; denn leitet man Kohlensäuregas durch eine Auflösung von Schwefelnatrium oder Schwefelcalcium, so entwickelt sich Schwefelwasserstoffgas.

Die Entwicklung dieses Gases aus Schwefellebern durch Wasserdämpfe (S. 833) ist ein Procefs, den wir zu beachten haben, wenn wir, wie bei den Solfataren und heifsen Schwefelquellen Entwicklungen von Wasserdämpfen, welche Schwefelwasserstoffgas mit sich führen, wahrnehmen. Auch andere Schwefelmetalle (Schwefelblei, Schwefelsilber, Schwefelkupfer) (Kap. Erze) entwickeln Schwefelwasserstoffgas, wenn sie, mäfsig erhitzt, mit Wasserdämpfen in Berührung kommen.

Die Siedhitze, welche unter den gewöhnlichen Umständen erst in gröfseren Tiefen herrscht, rückt in der Nähe der Vulkane der Erdoberfläche viel näher. An solchen Orten kann es daher geschehen, dafs Schwefellebern, wenn sie auch nur wenig tief unter der Erdoberfläche sich befinden und mit Wasserdämpfen in Berührung kommen, die Bildung von Schwefelwasserstoffgas veranlassen. In Laven hat man wirklich Schwefellebern gefunden; es ist daher sehr wahrscheinlich, dafs das Schwefelwasserstoffgas in den Solfataren durch Wirkung der Wasserdämpfe auf Schwefellebern entwickelt wird.

Zu den möglichen Bildungsarten dieses Gases gehört auch die Kap. I. Nro. 32 angeführte.

Enthalten Gewässer atmosphärische Luft absorbirt, so kann auch Stickgas mit dem Schwefelwasserstoffgas und Kohlensäuregas sich entwickeln: ein Fall, der bei den meisten Schwefelquellen stattfindet. Sind die organischen Substanzen, welche die Bildung dieser Quellen veranlassen,

stickstoffhaltig, so wird auch durch deren Zersetzung Stickgas geliefert[1]).

Kohlenwasserstoffgas begleitet manchmal die Schwefelwasserstoff-Exhalationen. So, nach Du Menil, in *Eilsen*. Nach Hericart de Thury wurden in kohligen und schwefligen Mergeln bei *Argenteuil* in *Frankreich* Quellen erbohrt, welche beide Gase zugleich entwickelten.

Die Gase, welche aus den Vulkanen der Aequatorial-Zone *Amerika's* aufsteigen, enthalten nach Boussingault[2]), neben einer grofsen Menge Wasserdampf, Kohlensäure und Schwefelwasserstoff. Stets tritt aber jenes Gas in überwiegender Menge auf, so dafs es das 140- bis 1000fache des Schwefelwasserstoff beträgt. Die Gase, welche die in der Nachbarschaft entspringenden Quellen begleiten, sind nach Boussingault[3]) dieselben, welche in den Kratern jener Vulkane angetroffen werden. Es scheint dies, nach Daubeny, stets stattzufinden. Die Forschungen von Humboldt über das Innere von *Asien* haben das Dasein der grofsartigsten unter den bis jetzt bekannten Solfataren, welche in der *chinesischen Tartarei* bei der Stadt *Urum-tsi* liegt, und, nach mehrfach übereinstimmenden Aussagen, einen Umfang von etwa 15 Stunden haben soll, dargethan[4]). Auch die *Solfatara Dofane* in *Abyssinien* scheint, nach Rochet[5]), eine grofse Ausdehnung zu haben.

Bunsen[6]) untersuchte mehrere Exhalationen auf *Island*:

---

[1]) Ueber die Coexistenz des Sauerstoffgases neben Schwefelwasserstoff in Schwefelquellen siehe 1 Aufl. Bd. I. S. 662.

[2]) Annal. de chim. et de phys. T. LII. p. 5. Boussingault untersuchte die Gase aus fünf Vulkanen.

[3]) Ebend. p. 181.

[4]) Ritter's Erdkunde. Bd. II. S. 386.

[5]) Compt. rend. T. XII. No. 21.

[6]) Poggendorff's Ann. Bd. LXXXIII. S. 245 ff.

	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.
Kohlensäure	87,43	88,24	88,54	86,92	79,07	50,00 [1]
Schwefelwasserstoff .	6;60	6,97	1,79	3,28	15,71	24,12
Wasserstoff	4,30	4,10	7,87	8,36	4,72	25,14
Stickstoff	1,67	0,69	1,80	1,44	0,50	0,72
	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	99,98

I. aus der Solfatara von *Krisuvik.* Diese Exhalation besteht aus 82,30 Wasserdampf und 17,70 Gase, in denen das Schwefelwasserstoffgas 1,17 beträgt. Es ist daher zu vermuthen, dafs auch in den folgenden Exhalationen dieses Gas vielleicht nur 1% ausmacht;

II. aus einer Quelle, welche dicht neben I. sich findet;

III. und IV. aus kleinen kochenden Quellen mitten im Schlammboden der Solfatara von *Krisuvik*;

V. aus einer Exhalation in der Nähe von *Reykjavik;*

VI. aus einer Exhalation von *Reykjahlidh* im hohen Norden von *Island.*

Mehrere dieser Exhalationen brechen mit einer solchen Spannung hervor, dafs sie Steine von 3 bis 4" Durchmesser emporschleudern. Obgleich auch in diesen Exhalationen wie in denen der Aequatorial-Zone die Kohlensäure stets in gröfserer Menge als der Schwefelwasserstoff vorhanden ist: so steigt jene doch nur bis zum 5- bis 49fachen von diesem. In dem Boden der Umgebung von V. finden sich keine Zersetzungsproducte durch Kohlensäure, sondern nur durch Schwefelwasserstoff. Da sich in diesen Exhalationen kein Kohlenwasserstoffgas findet: so schliefst Bunsen, dafs sie nicht organischen Ursprungs sein können. Wenn Schwefeldampf mit erhitztem Augitgestein zusammentrifft: so bildet sich auf Kosten des Eisenoxyd Schwefeleisen und Schwefligsäuregas entwickelt sich. Kommen hierauf Wasserdämpfe mit dem Gestein in Berührung: so entweicht Schwefelwasserstoffgas. Steigt die Temperatur nur etwas über die anfangende Glühhitze: so wird der Schwefelwasserstoff zerlegt, und Wasserstoffgas entwickelt sich nebst Schwefeldampf. Auf diese Weise erklärt Bunsen die Gegenwart des Wasserstoff und nach

[1]) Im Original steht 30,00; wahrscheinlich ist aber durch einen Druckfehler diese Zahl statt 50,00 gesetzt worden.

ihm sollen es durch vulkanische Hitze zersetzbare Schwefelverbindungen sein, welche den Schwefeldampf für die Zersetzung des Augitgesteins liefern. Da unter diesen Schwefelmetallen der Eisenkies die erste Rolle einnimmt und dieser es ist, welcher nicht blos in Gängen und Lagern, sondern auch im Gebirgsgestein vorkommt: so kann nach meiner Ansicht nur dieser als das Material der Entwicklung von Schwefeldampf gedacht werden.

Deville und Leblanc[1]) analysirten die am *Monte Cerboli* befindlichen Gasexhalationen und fanden die früher von Schmidt festgestellten Resultate bestätigt und ebenfalls keinen oder nur Spuren von Sauerstoff[2]). *A* das Gas der untersten (74° R.), *B* der obersten Fumarole (73° R.); *C* Zusammensetzung des Rückstandes, welcher bei diesen Analysen durch Absorptionsmittel nicht verschluckt wurde (alle Analysen nach Volumprocenten):

	A.	B.		C.	
Schwefelwasserstoff	4,1	3,7	85,1	Stickstoff	43,35
Kohlensäure	91.6	90,7		Wasserstoff	28,56
Sauerstoff	0,0	0,0	2,7	Sumpfgas	28.09
Stickstoff u. brennbares Gas	4,3	5,6	12,2		
	100,0	100,0	100,0		100,00

Das durch Kalilauge und Schwefelsäure geleitete Gas ergab in zwei Analysen:

Stickstoff	43,68	44,64
Wasserstoff	25,52	25,40
Sumpfgas	30,80	29,96
	100,00	100,00

In den Gasemanationen in der Schlucht der *Possera* tritt der freie Wasserstoff etwas mehr zurück. Es ergaben die Analysen *A* und *B* von zweien dieser Gasausströmungen (78° bis 79°), *C* der nicht absorbirbaren Rückstände dieser Gase:

---

[1]) Compt. rend. T. XLVII. p. 317. Jahresb. 1858. S. 790 ff.

[2]) Es ist begreiflich, dafs in so heifsen Wassern Sauerstoff nicht neben Schwefelwasserstoff bestehen kann.

	A.	B.	C.	
Schwefelwasserstoff	1,62	2,13	Stickstoff	56,75
Kohlensaure	92,68	87,67	Wasserstoff	18,81
Sauerstoff	0,21	1,05	Sumpfgas	24,44
Stickstoff u. brennbares Gas .	5,49	9,15		
	100,00	100,00		100,00

Diese Analysen wurden nach längerem Aufbewahren der Gase in zugeschmolzenen Glasröhren vorgenommen, wo ein Theil des ursprünglichen Schwefelwasserstoffgehaltes durch etwa vorhandenen Sauerstoff und Feuchtigkeit zersetzt worden sein konnte. Zwei an Ort und Stelle vorgenommene Versuche, wo das Gas durch eine angesäuerte Lösung von essigsaurem Bleioxyd und dann durch Barytwasser geleitet und die Niederschläge bestimmt wurden, ergaben 6,4 Volumina Schwefelwasserstoff auf 93,6 Kohlensäure und 5,1 Volumina Schwefelwasserstoff auf 94,9 Kohlensäure.

Aus artesischen Brunnen, die am *Monte Cerboli* gebohrt worden sind, strömt Gas, welches gleichfalls freien Wasserstoff und Sumpfgas enthält. Das Gas von zwei solchen Emanationen (78° R.) ergab (*A B C* bedeutet dasselbe wie vorher):

	A.	B.	C.	
Schwefelwasserstoff	1,95	1,6	Stickstoff	64,75
Kohlensäure	92,80	83,7	Wasserstoff	18,24
Sauerstoff	0,66	2,2	Sumpfgas	17,01
Stickstoff u. brennbares Gas .	4,59	12,5		
	100,00	100,00		100,00

In dem oberen Theil des *Possera-Thales* sind zwei Stellen, wo ein stark nach Steinöl riechendes Gas ausströmt. Das Gas beider Localitäten enthält viel Kohlensäure und ein brennbares Gas; das der untern Stelle ist kalt und enthält kaum Spuren von Schwefelwasserstoff; das der obern Stelle entströmt mit einer Temperatur von 66° und enthält deutliche Spuren von Schwefelwasserstoff; aufserdem wurden in 100 Vol. des letzteren Gases gefunden 81,1 Kohlensäure, 2,9 Sauerstoff, 13,3 Stickstoff, 1,3 Wasserstoff, 1,4 Sumpfgas.

Kohlensäurehaltige Mineralquellen (die *Bagni a Morbo*) entspringen an der obern Grenze der Fumarolen

im Bett der *Possera* mit einer Temperatur von 38°, und eine dieser Quellen (die *della Perla*) entwickelt neben der Kohlensäure auch Schwefelwasserstoff.

Deville und Leblanc untersuchten noch die an den in der folgenden Tabelle genannten benachbarten Orten dem Boden entströmenden Gase (N + X bedeutet das bei der Behandlung des ursprünglichen Gases mit Absorptionsmitteln unabsorbirt Bleibende): (Siehe nebenstehende Tabelle.)

Vergleichen wir die Kohlensäure- mit den Schwefelwasserstoff-Exhalationen, so finden wir zwischen beiden Naturprocessen eine grofse Verschiedenheit. Die ersteren bestehen in der Regel aus ganz reinem Kohlensäuregas (S. 695 ff.); dagegen hat man wohl noch nie eine Exhalation aus reinem Schwefelwasserstoffgas gefunden. Gewöhnlich ist es so sehr in andere Gase verhüllt, dafs es der Beobachtung meist entgehen würde, wenn nicht selbst geringe Spuren davon durch seinen auffallenden Geruch zu erkennen wären. Es wird von Gasen begleitet, welche, weil man sie immer in dieser Begleitung findet, nicht zufällige Begegnisse sein können, sondern eine wesentliche Rolle bei seiner Bildung spielen müssen. Da nun bei Zersetzung schwefelsaurer Salze durch organische Ueberreste Kohlensäure als Folge, und bei der Zersetzung der dadurch entstandenen Schwefellebern als Ursache erscheint: so können wir mit der gröfsten Wahrscheinlichkeit auf die Wirklichkeit dieser Processe schliefsen. Wenn andere Säuren Schwefelwasserstoffgas aus Schwefelmetallen entwickelten: so würde es sich eben so rein darstellen, wie bei unseren künstlichen Entwicklungen. Weil wir aber solche reine Schwefelwasserstoff-Entwicklungen nicht kennen: so scheint dieser Procefs in der Natur nicht stattzufinden.

Dumas[1]) konnte bei langsamer Oxydation des Schwefelwasserstoffgases weder schweflige Säure noch Schwefel, sondern nur Schwefelsäure wahrnehmen. Beim Verbrennen mit Flamme bilden sich aber Wasser, schweflige Säure, fast immer ein Niederschlag von Schwefel und Spuren von Schwefelsäure. Ist endlich Schwefelwasserstoff vom Wasser absorbirt und in Berührung mit Luft: so schlägt

---

[1]) L'Institut No. 669. 1846.

	Castelnuovo.		Lago. San Frederico.		Lago. Lago.	Lago. San Eduardo (artesischer Brunnen).	Monte Rotondo.	Sasso.	
Temperatur.	75°	75°	76°	76°	71°	80°	77°	76°	76°
Schwefelwasserstoff	6,9	4,6	3,8	3,6	3,6	3,3	1,1	3,9	2,2
Kohlensäure	88,2	90,3	89,8	88,8	88,1	84,2	88,6	88,0	90,5
Sauerstoff	0,6	0,6	0,0	0,2	0,3	1,1	0,3	0,7	0,4
Stickstoff					1,7	5,8	1,6		
Wasserstoff	4,3	4,5	6,4	7,4	4,3	3,0	4,6	7,4	6,9
Sumpfgas					2,0	2,6	3,8		
	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

	Castelnuovo: Stickstoff +X	San Frederico: Stickstoff +X	Sasso: Stickstoff +X
Stickstoff	37,4	14,6	37,55
Wasserstoff	25,1	68,1	34,05
Sumpfgas	37,5	17,3	28,40
	100,0	100,0	100,00

sich Schwefel nieder, wie die Schwefelwasser zeigen. Derselbe Fall findet statt, wenn Schwefelwasserstoffgas mit Wasserdampf gemengt ist, wie in den Solfataren; denn durch Condensation der Wasserdämpfe entsteht ein Schwefelwasser. Breislack[1]) beobachtete in der Solfatara von *Puzzuoli*, dafs das Schwefelwasserstoffgas, wenn es nicht bedeutend erhitzt ist, bei seiner Berührung mit atmosphärischer Luft keinen Schwefel absetzt, sondern Schwefelsäure erzeugt. Könnte sich Schwefelwasserstoff so rein und mit so wenig Wasserdunst wie das Kohlensäuregas entwickeln: so würde seine ganze Menge zu Schwefelsäure werden. Befördern, wie Dumas gefunden hat, poröse Körper diese Umwandlung: so könnte es sich in Berührung mit Kalksteinen um so leichter in Schwefelsäure umwandeln und die Bildung von Gyps veranlassen.

Auf der andern Seite bildet sich um so weniger Schwefelsäure, je geringer die Menge des Schwefelwasserstoff in den Wasserdämpfen ist; denn je mehr diese gegen jenen vorherrschen, desto leichter und schneller entsteht durch Condensation der Dämpfe wässriger Schwefelwasserstoff, und daraus Absatz von Schwefel. Es setzt sich also verhältnifsmäfsig um so mehr Schwefel ab, je weniger die Wasserdämpfe Schwefelwasserstoff enthalten. Dies ist eine wichtige Folgerung, weil ein geringer Gehalt, selbst nur Spuren von Schwefelwasserstoff in den Wasserdämpfen, nicht nur nicht die Entstehung von Schwefel-Absätzen hindern, sondern im Gegentheile, solche Wasserdämpfe, wenn sie nur lange genug strömten, um so gröfsere Absätze von Schwefel geben.

In dem Vulkan von *Cumbal* fand Boussingault[2]) nur in den höher gelegenen Theilen, da wo die Temperatur der Spalten 68° R. nicht übersteigt, Schwefelwasserstoffgas; dagegen in den heifseren Spalten Schwefligsäuregas. Aehnliche Beobachtungen machte v. Humboldt[3]) schon früher in den Spalten des *Purace*. Ebenso sah dieser

---

[1]) Lehrbuch der Geologie, in das Deutsche übersetzt. 1820. Bd. II. S. 262.

[2]) A. a. O.

[3]) Annal. de chim. et de phys. T. XXVII. p. 129.

Naturforscher [1]) von der hohen Zinne des *Rucu-Pichincha* hinab, wie sich in der Tiefe des Kraters bläuliche Lichter bewegten und nahm den Geruch nach Schwefligsäuregas deutlich war. Wahrscheinlich waren auch diese Flammen brennendes Schwefelwasserstoffgas. I. Aufl. Bd. I. S. 665.

Daubeny [2]) fand, dafs auf der Insel *Vulkano* der Dampf in der Solfatara Schwefligsäuregas und am Rande des Kraters Schwefelwasserstoff enthält.

Eichwald [3]) kam, als er in den Krater des *Aetna* hinabstieg, an eine grofse Fumarolen-Höhle, die niedrig und flach, sich weit hinzog. Sie war am Boden von vielem Schwefelanfluge bedeckt und aus ihr drang ein so heifser Rauch hervor, dafs es nicht möglich war, vor ihr lange auszuhalten. Die Schwefeldämpfe wurden vom Winde in eine gegenüber liegende viel kleinere Höhle getrieben, in der eine niedrigere Temperatur herrschte, wefshalb hier der Schwefel, ein fasriger Gyps, Strontian und Salmiak in dichten Massen krystallinisch anschossen, oder einen ziemlich dicken Ueberzug bildeten, der alle Wände bedeckte.

Dafs jene Dämpfe Schwefelwasserstoff enthielten, geht hervor aus einer spätern Bemerkung Eichwalds [4]) wo er auch von Chlorwasserstoff und von Dämpfen atmosphärischen Wassers spricht, welches beim Niederfallen aus der Luft verdunstet und wieder in Dampfform in die Höhe steigt, da der Boden, auf den das Wasser fällt, warm ist und die Verdunstung befördert.

Mit gutem Grunde ist zu vermuthen, dafs es ebenfalls atmosphärisches Wasser ist, welches in den Schlund des Kraters in die heifseren Regionen dringend, die Bildung des Schwefelwasserstoff durch die oben angeführten Processe verursacht. Lava kann aus diesem Schlunde nicht hervorströmen, weil sie sich meist in niederen Tiefen an den Seitengehängen des Vulkan neue Oeffnungen macht, aus denen sie ausfliefst.

In nächtlicher Dunkelheit sieht man nicht selten

---

[1]) Poggendorff's Ann. Bd. XXXXIV. S. 214 u. 217.

[2]) A description of active and extinct volcanoes. second ed. 1848. p. 256.

[3]) Nouv. Mém. de la Soc. des Natural. de Moscou. T. IX. p. 322.

[4]) A. a. O. S. 324.

Feuersäulen sich aus diesem Schlunde erheben, obgleich nirgends Lava in feuerflüssiger Form aus ihm hervordringt. Daher heifst auch der Hauptkrater pozzo di fuoco. Eichwald hält es für wahrscheinlich, dafs diese Feuersäulen aus brennbaren Gasen entstehen, die über dem Schlunde schweben, und sich bei Berührung mit atmosphärischer Luft entzünden. Da nur an Schwefelwasserstoffgas gedacht werden kann, und Elie de Beaumont[1]) die nahe am Gipfel des *Aetna* aus mehreren Oeffnungen hervorbrechende schwach leuchtenden Flammen wirklich als brennenden Schwefelwasserstoff erkannte: so mufs man annehmen, dafs die Temperatur dieses Gases manchmal bis zu dem Grade steigt, dafs es sich entzündet. Plötzliche Entwicklungen gröfserer Mengen Gas und verminderter Wasserdampf, eine erhöhte äufsere Temperatur der Atmosphäre mögen mitwirkende Ursachen zur Entzündung sein, während heftige sich nach allen Seiten durchkreuzende Winde auf dem 10200 Fufs über dem Meere liegenden, von den alten Römern dem Wohnsitze des Aeolus angewiesenen Kraterrande die Entzündung des manchmal kaum bemerkbar sich entwickelnden brennbaren Gases verhindern mögen.

Eichwald erwähnt auch Flammen, ohne Zweifel von brennbarem Gase herrührend, welche 1836 bei *Vico* am Golf von *Neapel* bemerkt wurden.

Die Bildung von Gyps aus Kalkstein in der Nähe von Schwefelwasserstoff-Exhalationen ist eine allgemeine Erscheinung. Breislak[2]) führt mehrere Beispiele von einer solchen Bildung neben Schwefelquellen an. Covelli[3]) fand 1823 im Krater des Vesuv die schönsten Krystallisationen von Gyps und Schwefel, welche von den Fumarolen herrührten. Dumas fand keine freie Säure in den Fumarolen in *Toscana*, und dennoch wandelt sich der kohlensaure Kalk in ihren Umgebungen bald in Gyps[4]) um.

---

[1]) Mémoires pour servir à une descr. géol. de la France. T. IV. p. 26.

[2]) Geologie. Bd. II. S. 264.

[3]) Poggendorff's Ann. Bd. X. S. 496.

[4]) Es ist hier noch zu verweisen auf eine schöne Arbeit von Coquand über die Bildung des Schwefel, Gyps, Anhydrit und

welches nur von einer geringen Menge Schwefelwasserstoffgas in diesen Wasserdämpfen herrühren kann. Eine ähnliche Erscheinung zeigte sich ihm in den Schwefelbädern von *Aix*. Die Wände aus Kalkstein in den Sälen und Bädern blähen sich auf und bedecken sich mit Gypskrystallen.

Auf den *liparischen Inseln* haben die schwefelwasserstoffhaltigen Dämpfe sehr verbreitete und ansehnliche Bildungen von Gyps hervorgebracht[1]). Die ganze Tuffmasse in der Nähe der Fumarole *di S. Calogero* auf der Insel *Lipari* ist von schneeweifsen oder blafsrothen, schön abgesonderten Gypstrümmern durchzogen, und sehr häufig sind ihre Blöcke mit einer Kruste von derselben bekleidet. Noch an vielen anderen Orten dieser Insel, sowie auf der Insel *Vulcano* findet sich Gypsbildung unter ähnlichen Verhältnissen. Diese Erscheinung ist keineswegs eine kleinliche, sondern sie findet sich überall an den Abhängen einer fast stundenlangen Küste. Die Höhe der von Gypsmasse durchdrungenen Bergwände erreicht häufig 200 Fufs und noch mehr.

Hoffmann erwähnt nirgends des Vorkommens von Schwefel in diesem Gypsgebiete. Die Verhältnisse des Schwefelwasserstoff zum Wasserdampfe scheinen daher in den dortigen Fumarolen von der Art gewesen zu sein, dafs sich die ganze Menge des Schwefels zu Schwefelsäure oxydirt hatte. Es ist daher der von Dumas erwähnte Fall, in welchem gleichfalls kein Schwefel wahrzunehmen war.

Die zersetzenden Wirkungen des Schwefelwasserstoff in den Fumarolen können nicht so gedacht werden, dafs dieselben von unten die Gesteine durchdringen; denn in diesem Falle würde es an der zur Säuerung des Schwefels nöthigen Menge atmosphärischen Sauerstoffs fehlen. Ebenso wie in den Sälen der Schwefelbäder von *Aix* die an den Wänden condensirten und durch Oxydation gesäuerten Dämpfe den Kalkstein in Gyps umwandeln: so dringen ohne Zweifel die auf dem Gesteine in den Umgebungen der Fumarolen auf *Lipari* condensirten Dämpfe, nach ihrer

---

Alaunstein in den Solfataren, Alaungruben und Lagoni von *Toscana*. Bull. géol. T. VI. p. 91 und Jahresb. 1849. S. 791.

[1]) Fr. Hoffmann in Poggendorff's Ann. Bd. XXVI. S. 1 f.

Säuerung, in dasselbe ein und bilden darin Gyps. Die Regenwasser unterstützen diese Wirkung und führen die verdünnte Schwefelsäure in das Innere der Gesteine.

Diese Verhältnisse sind ganz die nämlichen, wie bei der Verwitterung der Gesteine durch die eindringenden Meteorwasser. Dort ist die Schwefelsäure, hier die atmosphärische Kohlensäure das Agens. Die an sich kräftigere Schwefelsäure, wenn auch noch so sehr verdünnt, ist aber in den condensirten Fumarolen gewiſs in einem concentrirteren Zustande vorhanden, als die Kohlensäure in den Meteorwassern. Es ist daher begreiflich, wie die Schwefelwasserstoff-Fumarolen in viel kürzerer Zeit, als die mit der geringen Menge atmosphärischer Kohlensäure versehenen Meteorwasser die Gesteine zur Zersetzung bringen. Alle Wirkungen aber, welche jene in einer relativ kurzen Zeit leisten, werden auch diese in einer relativ langen zu Stande bringen. Was also dort gleichsam vor unsern Augen geschieht, erlaubt uns auf das zu schlieſsen, was wir hier nicht mit denselben verfolgen können.

Auf der Insel *Lipari* ist eine Lavabank durch die durchfiltrirenden schwefelsäurehaltigen Gewässer in ein dichtes grobkörniges, vollkommen farbloses Gestein umgewandelt worden. Obgleich das Eisenoxyd fortgeführt wurde und sich im umliegenden Tuff in Streifen absetzte, und kieselige Massen sich absonderten, so behielt das Gestein doch seinen Zusammenhalt. Hier zeigen sich also dieselben Erscheinungen, wie in zersetzten krystallinischen Gesteinen, welche blos den Meteorwassern ausgesetzt waren, die geringe Mengen atmosphärischen Kohlensäure- und Sauerstoffgases mit sich führten.

So wie die schwefelsäurehaltigen Gewässer die Kalksilicate in schwefelsauren Kalk umwandeln, so wandeln die kohlensäurehaltigen Meteorwasser sie in kohlensauren Kalk um. Der kohlensaure Kalk, den wir in Gesteinen wie in der Lava oder im Basalt finden, und den man häufig nur durch das Brausen mit Säuren erkennt, ist gewiſs nichts anderes als ein auf solche Weise entstandenes Zersetzungsproduct.

Von besonderer Wichtigkeit ist, daſs sich der Gyps theils in Trümmern, theils in Knollen, theils in Blättern

absonderte, da doch ohne Zweifel der Kalk, der das Material hierzu lieferte, durch die ganze Tuffmasse verbreitet war. Es zeigt dies deutlich, wie sich bei Zersetzungen und Umwandlungen der Gesteine das in ihnen zerstreute Gleichartige durch Verbindung mit dem Zersetzungsmittel vom Ungleichartigen absondert, es wirft dies ein Licht auf andere Umwandlungs-Processe, welche nicht so unmittelbar vor unsern Augen von Statten gehen wie die in Rede stehenden durch Fumarolen. Finden wir z. B. in manchen Basalten und Wacken Spatheisenstein in wohl ausgebildeten Krystallen: so ist es ein ganz analoger Fall; denn ebenso wie die mit Gewässern niedergehende Schwefelsäure jene Umwandlungen in Gyps bewirkte, so bewirkte auch die durch Gewässer eingeführte Kohlensäure die Umwandlung der Eisenoxydulsilicate in kohlensaures Eisenoxydul.

Nicht minder wichtig ist der hundertfach wiederholte Wechsel zwischen Gypstafeln und Tuffplatten, wie das nachstehende aus Hoffmann's Abhandlung entnommene Profil im *Valle di Muria* auf der Insel *Lipari* zeigt.



a eine mächtige Lavabank;

b etwa zolldicke und feinerdige blafsrothe Tuffschichten, in denen die Gypstafeln ungefähr halb so stark sind. Beide Schichten sind im hundertfachen Wechsel mit einander, und werden durchzogen von unregelmäfsig verzweigten Trümmern von Fasergyps.

Dieses Profil zeigt unzweifelhaft, dafs die Gypsbildung oben, wo die condensirten und an der Luft gesäuerten Dämpfe eingedrungen sind, begonnen hat, und dafs die Gewässer den schwefelsauren Kalk durch die unregelmäfsig verzweigten Adern herabgeführt haben. Eine

solche Erscheinung mahnt uns, in anderen Fällen, wo das Zersetzungsmittel nicht so klar vor Augen tritt, wo aber nichts desto weniger dieselben Verhältnisse sich zeigen, auf ähnliche Vorgänge zu schliefsen.

Ziemlich ähnliche Verhältnisse fand ich in den durch v. Leonhard[1]) bekannt gewordenen Gängen kohlensauren Kalks im Melaphyr bei *Niederkirchen* in *Rheinbayern*. Wie auf *Lipari* Gypsadern, so verzweigen sich hier Adern kohlensauren Kalks bis zur Papierdicke im Nebengesteine, nur mit dem Unterschiede, dafs letztere in der Hauptspalte auslaufen. Eben so wenig, wie jene Gypsmassen aus der Tiefe aufgestiegen sind, hat der kohlensaure Kalk diesen Weg genommen.

Wie auf *Lipari* der gesäuerte Schwefelwasserstoff den Kalk des Tuff in schwefelsauren Kalk umgewandelt hat, so hat bei *Niederkirchen* die atmosphärische Kohlensäure den Kalk des Melaphyr in kohlensauren Kalk umgewandelt, und Gewässer haben ihn in die Spalte geführt und darin abgesetzt.

Berücksichtigt man, dafs vulkanische Thätigkeiten nur in sofern mit Gypsbildung im Zusammenhange stehen, als sie gewöhnlich, oder wenigstens sehr häufig mit Schwefelwasserstoff-Exhalationen endigen: so wird es klar, wie da, wo keine Spur ehemaliger vulkanischer Thätigkeiten sich zeigt, aber durch ähnliche Processe, wie in den Solfataren, solche Exhalationen entstehen, die nämlichen Gypsbildungen stattfinden werden. Die Bedingungen zur Bildung von Schwefelwasserstoff finden wir aber im Flötzgebirge in demselben Maafse, wie in den Solfataren.

In den Solfataren bildete sich nicht blos Gyps, sondern auch andere schwefelsaure Salze. In der von *Puzzuoli* besteht schon seit längerer Zeit eine Alaun- und Schwefelfabrik. Im Hauptkrater auf der Insel *Vulcano* finden sich zahlreich veränderte Gesteine, welche von den Dämpfen durch und durch zersetzt wurden, und dennoch ihre Festigkeit behalten haben. Vitriolkrusten, Alaunstein u. s. w. sind hier ganz gewöhnliche Erscheinungen. Im Krater des *Pik* von *Teneriffa*, der eine Solfatara ist, verwandeln

---

[1]) Dessen Jahrb. 1837. S. 641.

die Dämpfe den Trachyt in weifsen Thon, wahrscheinlich auch in Alaunstein, und der Schwefel setzt sich unter den erweichten und losgetrennten Schalen in schönen Krystalldrusen ab[1]).

Frägt man nach dem Ursprunge der kohlenstoffhaltigen Substanzen, welche die Schwefelwasserstoff-Fumarolen auf den *liparischen Inseln* veranlafst haben und noch veranlassen: so deuten wir auf die organischen Ueberreste in den Meeres-Sedimenten, welche beim einstigen Aufsteigen dieser Inseln von den vulkanischen Massen eingehüllt worden sind. Die mit der Erhebung der neuen Insel an der Südküste *Siciliens* im Jahr 1831 verknüpften bedeutenden Schwefelwasserstoff-Entwicklungen zeigen wenigstens, was geschieht, wenn vulkanische Massen den Meeresgrund durchbrechen. Es liegt sehr nahe, den Gyps im Meerwasser, wenn nicht ausschliefslich, doch gröfstentheils als dasjenige schwefelsaure Salz zu betrachten, welches durch die organischen Ueberreste zersetzt wird. Dringt fortwährend in den Heerd einer Solfatara Meerwasser, so erneuern sich immerfort die Materialien zur Entwicklung von Schwefelwasserstoff. Wie endlich Meerespflanzen unabhängig von den schwefelsauren Salzen im Meere ungeheure Entwicklungen von Schwefelwasserstoff veranlassen können, zeigen die Fucus-Arten (S. 809). Doch auch deren Gehalt an schwefelsauren Salzen stammt vom Meerwasser ab. So wie wir mit gutem Grunde die Salmiak-Sublimationen in den dem Meere nahen Vulkanen den organischen Substanzen, welche mit dem Meerwasser in den Heerd derselben treten, zugeschrieben haben: so sind es unstreitig gleichfalls diese Substanzen, welche in Berührung mit schwefelsauren Salzen die Schwefelwasserstoff-Exhalationen veranlassen (S. 637 ff.).

Dafs diese Bedingungen zu diesen Exhalationen keineswegs locale, sondern auf unzähligen Inseln wiederkehrende Erscheinungen sind, beweisen die vielen in Leop. v. Buch's gehaltreicher Abhandlung[2]) angeführten Bei-

[1]) Leop. von Buch physikal. Beschreibung der *canarischen Inseln*. 1825. S. 232.

[2]) Poggendorff's Ann. Bd. X. Vergl. meine Abhandlung a. a. O. S. 233 ff.

spiele von solchen Exhalationen. Die *neue Kameni*, welche sich zwischen den *griechischen Inseln* 1707 bis 1709 erhob, entwickelt noch fortwährend Schwefelwasserstoff. Auf der Insel *Milo* bleichen, zerstören und zersetzen diese Exhalationen das trachytische Gestein[1]). Als am 31. Januar 1811, am äufsersten westlichen Ende der Insel *St. Michael*, ein überaus heftiger Stofs erfolgte, brach der Boden auf, und man nahm einen sehr starken Schwefelgeruch wahr. Ueberall stofsen wir also auf dieselben Erscheinungen, wie bei dem Ereignisse an der Südküste *Siciliens*.

Deville[2]) hat vergleichende Analysen zur Erforschung der Zersetzungsweise vulkanischer Gesteine durch Gase und Wasserdämpfe unternommen und dazu das Gestein der Solfatara von *Guadeloupe* gewählt. Die untersuchte Stufe war noch nicht vollständig zersetzt, und man konnte darin noch Spuren der zersetzten Labradorkrystalle wahrnehmen.

A. ist die Analyse des unveränderten Gesteins, B. die Analyse der Stufe nach dem Trocknen, C. mit chemisch gebundenem Wasser:

	A.	B.	C.
Kieselsäure	57,95	62,71	50,79
Thonerde	15,45	27,59	22,32
Kali und Natron	{ 0,56 { 3,03	0,71	0,55
Kalk	8,30	3,02	2,42
Magnesia	2,35	0,20	0,17
Eisenoxyd	9,45	6,29	5,10
Eisen- und Manganoxydul	1,45	—	—
Wasser	—	—	18,98
	98,54	100,52	100,34

Der Vergleich mit dem Gestein ergibt, dafs die Dämpfe auf die Felsen so einwirken, dafs das Alkali und die Magnesia fast völlig fortgeführt werden; vermindert erscheinen Kalk und Eisen, vermehrt die Kieselsäure, bis auf's Doppelte die Thonerde. In den Höhlungen des Berges finden sich Gypskrusten, bisweilen Alaun und Kieselsinter.

[1]) Es ist gewifs nicht zu zweifeln, dafs die an dieser Stelle beschriebenen Zersetzungen einzig und allein vom Schwefelwasserstoff herrühren.

[2]) Compt. rend. T. XXXV. p. 261. Jahresb. 1852. S. 918.

Die daraus entspringenden Quellen enthalten Schwefelnatrium, andere haben einen beträchtlichen Eisengehalt; auch findet sich Eisenvitriol. Die Fumarolen bestehen aus Wasserdämpfen von 76° R., welche Schwefel[1]) mit sich fortreifsen und an den Spaltenwänden absetzen, und bisweilen zeigt der Geruch die Gegenwart von Schwefelwasserstoff an.

Deville ahmte diesen Zersetzungsprocefs künstlich nach, indem er Wasserdämpfe, atmosphärische Luft und Schwefelwasserstoff auf Gesteinsbrocken mehrere Monate lang wirken liefs, wodurch die Alkalien und Erden in schwefelsaure Verbindungen umgewandelt wurden, wie er glaubt ohne vorhergehende Bildung von Sulphureten. Indefs sollen nach seiner Ansicht nicht alle Sulphurete der Mineralquellen von der Reduction der Sulphate herrühren.

Das Schwefligsäuregas in der Natur ist nur ein Product vulkanischer Eruptionen. Hy. Davy[2]) fand es in den Rauchsäulen des *Vesuv* im Mai 1814 und am 5. December 1819 in solcher Menge, dafs er sich entfernen mufste. Monticelli und Covelli[3]) fanden, dafs die einzige freie Säure in den Rauchsäulen des *Vesuv* vom 28. Februar 1822 schwefelige Säure war, welche sich fortwährend in den Spalten und Luftlöchern, wo die atmosphärische Luft die in der Rothglühhitze befindliche Lava berühren konnte, erzeugte.

Gemmellaro[4]) berichtet, dafs in den Rauchsäulen, welche aus dem *Aetna* während der Eruptionen vom 17. bis 24. November 1843 aufstiegen, schwefelige Säure und Salzsäure enthalten waren.

An die Gegenwart freien Schwefels in der Lava ist nicht zu denken; er kann nur mit den Metallen der Alkalien, der alkalischen Erden und des Eisens verbunden darin enthalten sein. Stellen wir Schwefelkalium durch Zersetzung des schwefelsauren Kali mittelst Kohlenpulver in der Schmelzhitze dar, so nehmen wir so lange, als die von

---

[1]) Ohne Zweifel im Schwefelwasserstoff.

[2]) Ann. de chim. et de phys. T. XXXVIII. p. 133.

[3]) Nöggerath und Pauls Sammlung von Arbeiten ausländischer Naturforscher über Feuerberge und verwandte Gegenstände. Bd. I. S. 34. 58.

[4]) Jahrb. für Min. 1844. S. 181.

der Luft berührte Masse noch flüssig ist oder rothglüht, deutlich den Geruch nach schwefeliger Säure wahr, indem ein Theil des Schwefels das Schwefelkalium auf Kosten des atmosphärischen Sauerstoff verbrennt. Nach dem Erkalten des Schwefelkalium riecht man hingegen, besonders in Berührung mit feuchter Luft, Schwefelwasserstoffgas, indem nun durch die Wirkung der atmosphärischen Kohlensäure das atmosphärische Wassergas zersetzt wird. Ebenso rochen die Schlackenstückchen, welche der Wind von der vorhin genannten im *mittelländischen* Meere aufgestiegenen Insel an die Küsten von *Sciacca* in *Sicilien* getrieben hatte, als sie Hoffmann[1]) frisch aufbrach, nicht nach schwefeliger Säure, sondern nach Schwefelwasserstoff; denn auf dem Wasser schwimmend hatten sie sich bereits abgekühlt. Auch in den Rauchsäulen der Solfatara von *Puzzuoli* konnten Monticelli und Covelli kein Schwefligsäuregas finden.

Andere Processe im Heerde der Vulkane annehmen zu wollen, wodurch diese Säure gebildet wird, hat sehr wenig Wahrscheinlichkeit. Nach allen bis jetzt über die Entwicklung dieses Gases gemachten Erfahrungen setzt seine Bildung stets die Gegenwart von atmosphärischer Luft voraus, und sie kann daher nur in solchen Tiefen gedacht werden, zu welchen diese Luft Zutritt hat; es mag ein Schwefelmetall oder Schwefelwasserstoff das Material liefern. Das Auftreten des Schwefligsäuregases bei vulkanischen Wirkungen ist keine seltene Erscheinung: die *italiänischen* Solfataren, die Grotten bei *Santa Fiora* im *Sienesischen*, der *Aetna*, die vulkanischen Inseln *Stromboli*, *Bourbon*, die Vulkane auf *Java*, in den *Andes* u. s. w., bieten viele Beispiele dar. Auch in Quellen, welche in der Nähe thätiger Vulkane entspringen, findet sich schweflige Säure.

Vom Vorkommen wässriger Schwefelsäure in Kratern sind mehrere ausgezeichnete Beispiele bekannt: nämlich der *Pusambio*-Fluſs oder *Rio Vinagre*, ein Bach, der von dem im Zustande einer Solfatara befindlichen *Purace* in den *Andes* von *Popayan* herabflieſst[2]), und der *Schwe-*

[1]) Poggendorff's Ann. Bd. XXIV. S. 74.

[2]) v. Humboldt in Ann. de chim. et de phys. T. XXVII. p. 113 ff.

felsäure-See im Innern einer Solfatara am Berge *Idjen (Mont-Idienne)* in der Provinz *Bangu-wangie*, auf der östlichen Seite der Insel *Java* [1]), aus welchem gleichfalls ein Bach herabfliefst. Ohne Zweifel sind es in beiden Fällen Schwefelwasserstoff-Exhalationen, welche die Schwefelsäure erzeugen. So fand v. Humboldt in den untersten Lagunen bei dem Gipfel des Vulkans *Puracé* Wasser in Spalten, welches Schwefelwasserstoff enthielt, und an der Mündung derselben eine Schwefelkruste. Auch das Wasser dieser Lagune ist mit einer Schwefelhaut bedeckt. Das Wasser des Schwefelsäure-See's auf *Java* ist nach Reinwardt [2]) weifs (von abgeschiedenem Schwefel), und Schwefeldämpfe (Schwefelwasserstoff) entwickeln sich aus ihm. Der Krater enthält bedeutende Massen Schwefel [3]), besonders sind viele Oeffnungen damit inkrustirt. Reinwardt gedenkt noch anderer Schwefelsäure-Seen auf *Java:* so im Krater des *Patuha* und auf dem Berge *Talaga Bodas*, wo sich gleichfalls viel abgesetzter Schwefel findet. Alles dieses deutet darauf hin, dafs es nur Schwefelwasserstoff-Exhalationen sind, aus denen sich zum Theil Schwefel abscheidet, zum Theil Schwefelsäure erzeugt, ohne dafs eine Verbrennung zu schwefliger Säure vorhergeht. Eben so verhält sich's wahrscheinlich mit dem Vorkommen der Schwefelsäure in der *Zoccolino-Grotte* in *Toscana*, nach Baldassani, in einer Grotte auf *Milo*, nach Tournefort, und in einer Höhle am *Aetna*, nach Dolomieu. Die Schwefelsäure, welche sich bei vulkanischen Thätigkeiten zeigt, ist mithin eben so wenig, wie die schweflige Säure eine Bildung im Heerde der Vulkane, sondern eine oberflächliche an Stellen, wo die atmosphärische Luft Zutritt hat.

Der Schwefel kann neben den meisten Oxyden, welche die Bestandtheile der Erdkruste, so weit wir sie kennen, bilden, nicht in höherer Temperatur bestehen, ohne sich mit denselben zu Schwefelmetallen zu verbinden. Sofern daher unsere Erde in der Schöpfungsperiode eine feuer-

[1]) Nöggerath und Pauls Sammlung. Bd. II. S. 60 ff.

[2]) Van der Boon Mesch disputatio geologica de incendiis montium igni ardentium insulae Javae u. s. w. Lugd. Bat. 1826.

[3]) Gilberts Ann. Bd. LXXIII. S. 156.

flüssige Kugel in ihrer ganzen Ausdehnung gewesen sein sollte, hätte in ihr gediegener Schwefel nicht existiren können. Doch wir wollen in einem Verhältnisse, welches selbst nur eine Hypothese ist, nicht einen Beweis gegen die Existenz eines ursprünglichen gediegenen Schwefels suchen. Dafs aber jetzt noch ein so leicht sublimirbarer Stoff wie Schwefel, aus dem Innern der Erde, wo unbestreitbar höhere Temperaturen, als auf der Oberfläche herrschen, sublimiren würde, wird Niemand in Zweifel ziehen. Sublimations-Producte würden nirgends mehr, als in Spalten, die bis zu solchen Tiefen reichen, wo Sublimationshitze herrscht, oder in den Kratern der Vulkane zu vermuthen sein. In Spalten finden wir ihn aber nur äufserst selten, und nur als ein Zersetzungsproduct. In Vulkanen kommt er zwar häufiger, aber ebenfalls nur als Zersetzungsproduct vor; denn wie könnte er in dem Heerde der Vulkane in Berührung mit Oxyden als solcher existiren? Eine unmittelbare Sublimation in dem Krater der Vulkane ist nur denkbar, wenn er sich in Verbindungen, wie z. B. im Schwefelkiese, befindet, welche in der Hitze einen Theil ihres Schwefels fahren lassen, oder wenn er sich nach dem Ende vulkanischer Wirkungen aus Fumarolen absetzt, und, bei dem Eintritte neuer Eruptionen, sich durch die zunehmende Hitze als solcher verflüchtigt.

Dafs sich Schwefel aus Schwefelwasserstoffgas abscheiden kann, haben wir gesehen (S. 844). Das so häufige Vorkommen des Schwefels in Schwefelquellen habe ich schon mehr als vor 30 Jahren dargethan [1]). Die *Badener, Eilsener, Aachener, Euganeischen* Schwefelwasser u. s. w. bieten unter anderen Beispiele dar. Der weifse Schlamm, der sich im Quellenbassin der Schwefelquelle von *Weilbach* absetzt, enthält nach Fresenius [2]) 89,7 % Schwefel und organische Substanzen. J. A. Brem [3]) untersuchte die sogenannte Schwefelerde vom Berge *Büdös* in *Siebenbürgen*, eine aschgraue, in's Gelbe gehende, lehmige Masse, welche

[1]) Schweigger's Journ. Bd. LXVI. S. 128.

[2]) Jahresb. des Vereins für Naturkunde im Herzogth. *Nassau*. Heft XI. S. 177.

[3]) Jahresb. 1856. S. 906.

47 % bis 64 % Schwefel ungleich vertheilt enthält und Schwefelsäure wahrscheinlich an Kalkerde gebunden.

Breislak[1]) hält ganz richtig das Schwefelwasserstoffgas für das Mittel, dessen sich die Natur jetzt bedient, um den Gyps zu bilden und den Schwefel abzusetzen. So fand er[2]) eine Menge Schwefel als Absatz aus den Schwefelwassern unter *Pujo* bei *Garigliano*, bei *Sanno* und bei *Castel a Mare*. An den Wänden der Spalten in der Solfatara von *Puzzuoli*, aus welchen das erhitzte Schwefelwasserstoffgas hervordringt, und wo es sich mit atmosphärischer Luft mengt, erblickte er kleine Wassertropfen, und in denselben einige gelbe Staubpünktchen, welche sich mit zunehmender Gröſse der Tropfen mehrten, und die nichts anderes als Schwefeltheilchen waren. Breislak richtete sogar im Krater der Solfatara einen künstlichen Springbrunnen ein, welcher täglich mehr als 300 Pinten Wasser lieferte, indem er das Schwefelwasserstoffgas in Röhren circuliren lieſs, wobei die inneren Wände derselben sich nach einiger Zeit mit Schwefelkrystallen bedeckten.

Von dem Vorkommen bedeutender Quantitäten Schwefel in der Solfatara am Berge *Idjen* u. s. w. in *Java* ist schon S. 855 die Rede gewesen.

Zu *Bahar el Saphinque* am Ufer des *rothen Meeres* hat man nach einem Berichte des französischen Consuls Delaporte[3]) in *Cairo* im Jahre 1850 eine sehr bedeutende Solfatara entdeckt, aus welcher man schon in demselben Jahre 12000 metr. Centner Schwefel förderte und im nächsten Jahre die doppelte Ausbeute hoffte.

Aus dem Innern des Kraters des *Alaghez* im Hochlande *Armeniens* soll fortwährend eine groſse Menge gediegenen Schwefels abflieſsen und auf den Abhängen erstarren. Die neuesten Reiseberichte von Koch bestätigen diese Angabe. Es soll eine tiefe Schlucht an den hohen Rändern des Berges sein, welche als einzige Oeffnung

---

[1]) A. a. O. Bd. II. S. 262.

[2]) Topographia Physica della Campania u. s. w. Firenze 1798. — Im Auszuge von Leop. v. Buch in Gilbert's Ann. Bd. V. S. 398.

[3]) Jahresb. 1852. S. 830.

mit dem Krater, der im Innern desselben jedenfalls vorhanden ist, zu communiciren scheint[1]).

Ehe genauere Nachrichten von einem naturwissenschaftlichen Reisenden eingehen, ist dieses Vorkommen von flüssigem Schwefel für eine Angabe, der etwas Wahres, aber wahrscheinlich nur auf Aussagen dortiger Bewohner Gegründetes, zu Grunde liegen mag, zu halten.

Der Absatz des Schwefels in der Kaiserquelle zu *Aachen* zeigt gleichfalls, wie sich derselbe durch Zersetzung von Schwefelwasserstoffgas bildet. Man findet dort manchmal zwei Centner Schwefel, wenn der grofse Stein, der diese Quelle bedeckt, nach etwa 20 Jahren abgenommen wird. Ich selbst habe beim Oeffnen derselben bedeutende Quantitäten Schwefel gefunden. Ich fand in diesem Schwefel etwas Gyps und eine organische Materie, die sich mit dem Schwefel aus den Dämpfen abgesetzt hatte[2]). Der Gyps hatte sich ohne Zweifel durch theilweise Oxydation des Schwefels und aus dem kohlensauren Kalke im Thermalwasser oder aus dem Marmor, in welchem die Quelle gefafst ist, gebildet. Dieser Marmor ist wenigstens durch die Wasserdämpfe und Gasexhalationen so zersetzt worden, dafs ich breiartige Massen davon mit den Händen abnehmen konnte. Der Absatz dieses Schwefels zeigt, wie selbst sehr geringe Quantitäten Schwefelwasserstoff hierzu hinreichen; denn nach Bunsen[3]) sind in 100 Volumen Gas, welches sich aus der Kaiserquelle entwickelt, nur 0,31 Schwefelwasserstoffgas enthalten.

Die Abscheidung des Schwefels aus Schwefelwasserstoffgas zeigt sich in den Schwefelquellen selbst. So lange dieselben nicht mit der Luft in Berührung kommen, bleibt das Wasser vollkommen klar; so wie aber die Luft darauf einwirkt, opalisirt es auf der Oberfläche und wird durch ausgeschiedenen Schwefel milchig. Die Seen in den Solfataren zeigen dieselben Erscheinungen.

Auf diese Weise bildet sich bei *Lubin*, 3 Meilen von

---

[1]) Abich über die geol. Natur des *armenischen Hochlandes*. Festrede. 1843. S. 19.

[2]) Nach Vauquelin (Schweigger's Journ. Bd. XLI. S. 121) soll der gediegene Schwefel meist etwas Bitumen enthalten.

[3]) Jahresb. 1851. S. 651

Lemberg, Schwefel [1]). Das sehr stark nach Schwefelwasserstoff riechende Wasser bildet da, wo es nicht geschwind abfliefsen kann, einen Morast, der mit Torfgrund umgeben ist. Es hatte sich daselbst nach und nach ein Vorrath von 500 Centnern Schwefel angehäuft. Auch zu *Sklo*, westwärts von *Lemberg*, zu *Mikulince* in *Podolien* und an mehreren anderen Orten finden sich Schwefelquellen in Menge. Dafs aller Schwefel, den diese Quellen absetzen, von zersetztem Gypse herrührt, liegt aufser allem Zweifel; denn Walcher fand, als er in der Umgegend von *Lubin* kleine Schächte durch die Dammerde bis auf das feste Gestein niedersinken liefs, meistentheils zersetzten Gyps mit Drusen, worin grauer Schwefel safs, so wie ihn jene Quelle auswirft. Der graue, blätterige Gyps gab einen sehr widrigen stinksteinartigen Geruch, wenn er gerieben wurde.

Höchst wahrscheinlich hat der Schwefel, den man in Braunkohlen, wie zu *Artern*, zu *Frielendorf* bei *Ziegenhain* [2]), zu *Kommotau* in *Böhmen* [3]), auf dem *Radobojer* Werke in *Croatien* [4]) u. s. w., und im Quarzsande der Braunkohlen-Formation zu *Roisdorf* bei *Bonn* findet, einen ähnlichen Ursprung.

Die gleichzeitige Bildung von Gyps und Schwefel kann auf künstlichem Wege bewirkt werden, wenn Schwefelwasserstoffgas mit Kreide in Berührung kommt. Als dieses Gas 12 Stunden lang in Kreide, welche mit Wasser zu einer milchigen Flüssigkeit angerührt war, strömte, bildete sich Gyps, und ebenso, als es in train trocknes Kreidepulver 72 Stunden lang strömte und letzteres 14 Tage lang stehen blieb. Wurde das Gas bis ungefähr 80° R. erhitzt: so schied sich in der Gasleitungsröhre, wo es mit Luft in Berührung gekommen war, Schwefel ab [5]). Man kann

[1]) Walcher in v. Moll's Jahrb. der Berg- u. Hüttenkunde. Bd. IV. Erste Liefr. S. 195 ff.

[2]) Stripelmann und Bunsen im neuen Jahrb. für Mineral. 1843. S. 809.

[3]) Marx fand in der Braunkohle bei *Helmstädt* zum Theil vollständig ausgebildete Schwefelkrystalle. Erdmann's Journ. 1837. Bd. X. S. 53.

[4]) Neues Jahrb. für Mineral. 1845. S. 237.

[5]) Meine Abhandlung im neuen Jahrb. für Chemie. Bd. VI. S. 147 ff.

also leicht begreifen, wie mäfsig erhitztes Schwefelwasserstoffgas, in ein Kalklager anhaltend strömend, Gyps bildet und Schwefel absetzt, sofern der Zutritt der atmosphärischen Luft nicht ausgeschlossen ist.

Wenn einerseits aus Gyps, welcher mit bituminösen Substanzen getränkt ist, durch Zersetzung Schwefel ausgeschieden wird: so bewirkt andererseits Schwefelwasserstoffgas, Kalkschichten durchströmend, die gleichzeitige Bildung von Gyps und Schwefel (S. 858). Das so häufige Zusammenvorkommen dieser beiden Substanzen läfst sich nicht auf andere Weise deuten.

Ueber das Vorkommen des Schwefels in *Sicilien*, in dem Haupt-Schwefel-Magazin für einen grofsen Theil von *Europa*, verdanken wir dem verstorbenen Fr. Hoffmann[1]) sehr interessante Mittheilungen. Später gab auch Adrien Paillette[2]) hierüber einige Nachrichten, welche aber jenen Mittheilungen wenig neues zufügten. Auf einer Insel, wo vulkanische Thätigkeiten seit den ältesten Zeiten im grofsartigen Maafsstabe stattgefunden haben und noch stattfinden, möchte man auf Schwefelwasserstoff-Exhalationen aus Solfataren, von denen die dortigen enormen Schwefellager herrühren, schliefsen. Eigentliche Solfataren sind es aber keineswegs, welche diesen Schwefelreichthum geliefert haben. Dennoch führen alle Verhältnisse zu der sicheren Vermuthung, dafs es nichts anderes, als Schwefelwasserstoffgas ist, aus welchem sich auch dort aller Schwefel abgeschieden hat. Noch jetzt strömt in den Umgebungen von *Sciacca* ein aufserordentlicher Reichthum an Schwefelquellen, deren Wärme bis auf 45° R. steigt.

Nach Hoffmann kommt in *Sicilien* zwar der Schwefel in der Nähe der grofsen Gypsmassen, aber gewöhnlich im Wechsel mit Kalkstein, Mergel und Thon, die

---

[1]) Karsten's und von Dechen's Archiv u. s. w. Bd. XIII.

[2]) Compt. rend. 1843. No. 18. Paillette zeigt wenig Bekanntschaft mit längst bekannten Thatsachen. Seine Theorie, welche die Berichterstatter über seine Abhandlung eine sinnreiche nennen, habe ich schon 14 Jahre früher entwickelt. Meine Abhandlung a. a. O. S. 144 u. s. w.

nicht von so grofser Ausdehnung als der Gyps sind, vor. Alle bekannten Steinsalz-Niederlagen begleiten ihn am nördlichen Rande ihrer Verbreitung, und sind mit den allgemeinen Begleitern des Steinsalzes, mit Gyps und Thon, in Gesellschaft. Der Schwefel findet sich theils in Löchern des zerfressenen Kalkstein, worin er kleine Drusen [1]), Ueberzüge und oft zolldicke, derbe Stücke bildet, theils in Gangtrümmern dieses Gesteins [2]). Seine Verbreitung ist sehr ungleichförmig, und wohl immer an gröfsere Klüfte geknüpft. Mit ihm kommen stets Ueberzüge von Kalkspath und Kalkspath-Drusen vor. In manchen Schwefel-Drusen finden sich Strontian -- selten Gypskrystalle, die auch in den Löchern des Kalkstein Drusen bilden.

Bituminöser Gyps und Wasserdämpfe sind offenbar das Material für die Bildung des Schwefels, und da jener als Begleiter des Steinsalzes unzweifelhaft ein Absatz aus dem Meere ist: so ist es das Meerwasser, welches *Sicilien* seinen grofsen Schwefel-Reichthum geliefert hat. Haben diese Dämpfe auch nur eine Temperatur von 36° R.: so reicht dieselbe schon hin, aus Schwefelcalcium Schwefelwasserstoff zu entwickeln (S. 833). In der Schwefelgrube von *Solfara grande* fand aber Hoffmann eine Temperatur von 28° R., welche also jener schon ziemlich nahe kommt [3]). Mit dem Vorkommen des Schwefels hängt stets eine ungewöhnlich hohe Temperatur zusammen; daher auch erst in ansehnlicher Tiefe unter der Oberfläche die Schwefeldrusen beginnen. Wassertropfen hängen überall an den kleinen Schwefel-Stalactiten. Die Wasserdämpfe waren es auch unzweifelhaft, welche den Kalkstein so löcherig gemacht und den aufgelösten kohlensauren Kalk als Kalk-

[1]) Nach qualitativer Prüfung eines Kalksteins mit einer ausgezeichnet schönen Druse von grofsen Schwefelkrystallen enthält derselbe sehr wenig kohlensaure Magnesia, aber etwas mehr schwefelsauren Kalk.

[2]) Die Schwefelgänge im Gneifs und Granit bei dem Orte *Fetenti* bei *St. Giorgio*, östlich vom *Capo Calava*, sind höchst wahrscheinlich auf dieselbe Weise entstanden.

[3]) Es steht indefs der Annahme nichts entgegen, dafs in *Sicilien* und an anderen Orten, wo Schwefel vorkommt, aus grofser Tiefe aufsteigende, siedendheifse Wasserdämpfe nahe an der Oberfläche

spath wieder abgesetzt haben; denn die Kohlensäure, welche sich durch Zersetzung des Gyps durch organische Ueberreste bildet, begleitete sie.

Die Wasserdämpfe, welche jetzt noch in den Schwefelgruben *Siciliens* Schwefel absetzen, können nur sehr wenig Schwefelwasserstoff enthalten; denn Hoffmann erwähnt nirgends, dafs ihm beim Besuche der dortigen Schwefelgruben das Athmen beschwerlich, oder dafs er durch das Schwefelwasserstoffgas nur unangenehm afficirt wurde. Dafs in diesen Gruben die Umstände, wodurch aus dem Schwefelwasserstoffgas theils Schwefel abgesetzt, theils Schwefelsäure und Gyps gebildet wurden, sehr verschieden waren, ersehen wir aus Hoffmanns Beobachtungen, wonach der Gyps manchmal den Schwefel gar nicht begleitet, während er in der Schwefelgrube *Cara Pape* 1 bis 2 Fufs lange Krystalle bildet. Aber auch diese Gypskrystalle können blos von den Gypslagern herrühren, welche die Decke der Schwefelgruben bilden, und aus denen der schwefelsaure Kalk durch Gewässer herabgeführt worden ist. Wo der Schwefel mit Kalkspath überzogen oder in dessen Gesellschaft erscheint, hat sich gewifs keine Schwefelsäure gebildet, sondern es ist alles Schwefelwasserstoffgas in Schwefel und Wasser zersetzt worden. Da diese letztere Zersetzung viel weniger Sauerstoff, als die Umwandlung in Schwefelsäure fordert, so ist einleuchtend, dafs da, wo Zutritt der atmosphärischen Luft zum porösen und zerklüfteten Kalksteine sehr beschränkt war, blos jene Zersetzung stattfinden konnte. Erlitt nur ein Theil des in die Zwischenräume des Gesteins gedrungenen Schwefelwasserstoffgases die Zersezzung in Schwefel und Wasser, strömte der Rest in dem Tage näher liegende Stellen, zu denen die atmosphärische Luft mehr Zutritt hatte: so erfolgte hier die vollständige Oxydation des Schwefelwasserstoff.

Ein Zusammenhang zwischen den vulkanischen Erscheinungen auf *Sicilien*, *Island* u. s. w. und dem Vorkommen des Schwefels ist darin zu suchen, dafs da, wo

---

bituminöse Gypslager durchdrungen und dadurch den Absatz von Schwefel veranlafst haben.

vulkanische Thätigkeiten stattfinden, die höhere Temperatur des Erdinnern der Oberfläche näher rückt, und dafs durch vulkanische Eruptionen Zerklüftungen bis zu grofser Tiefe und in weiter Erstreckung um den Vulkan herum entstehen. Jener Umstand kann die Temperatur eines in mäfsiger Tiefe liegenden bituminösen Gypslagers schon bis zu dem Grade steigern, dafs die Zersetzung des Gyps in Schwefelcalcium und durch heifse Gewässer in Schwefelwasserstoff sehr befördert wird. Die Zerklüftung des Gesteins in den Umgebungen des Vulkan macht aufsteigende Quellen möglich, welche gleichfalls eine hohe Temperatur in die obern Teufen bringen. Endlich dürfen wir nicht übersehen, dafs die in vulkanischen Gegenden häufig so reichlichen Kohlensäure-Exhalationen, wenn sie in Zersetzung begriffene Gypslager durchziehen, die Bildung und Ausscheidung des Schwefelwasserstoff aus Schwefelcalcium veranlassen können.

Paillette macht aufmerksam, dafs das constante Vorkommen des Schwefels mit Steinsalz und Gyps in *Sicilien*, sich auch in *Spanien*, in den *Pyrenäen* und im nördlichen *Europa* wiederholt, und zwar überall in den oberen Schichten der Kreide. Die Berichterstatter von Paillette's Abhandlung (Al. Brongniart, Elie de Beaumont und Dufrenoy) fügen hinzu, dafs sich der Schwefel nicht ausschliefslich in den angegebenen Lagerungsverhältnissen finde, sondern selten, vielleicht niemals, an eine bestimmte Formation geknüpft sei.

Das Lager zu *Teruel* in *Aragonien*, in welchem nach Braun [1]) Myriaden von Planorbis und Chara in Schwefel umgewandelt sind, zeigt ganz klar, dafs derselbe dort von späterer Bildung als die tertiäre Süfswasser-Formation sei.

Ueber das Schwefellager von *Swoszowice* bei *Krakau* im tertiären Gebirge, welches auf Jurakalk und Karpathensandstein liegt, machen Delesse [2]) und besonders Zeuschner [3]) Mittheilungen. Mit dem Schwefel finden sich Pflanzenreste und Blätter der Dikotyledonen. Zeusch-

[1]) Bull. de la Soc. géol. de France. T. XII. p. 169.
[2]) Journal d'un voyage en Pologne.
[3]) Jahresb. 1850. S. 777.

ner adoptirt meine Ansicht von der Bildung des Schwefels. Schwefelwasserstoffhaltige Quellen finden sich nicht in dem Jurakalk, daher deutet Alles darauf hin, dafs es Karpathensandstein war, aus dem diese Quellen aufstiegen.

Nach G. Ulex [1]) traf man bei den zur Erweiterung des Hamburger Hafens unternommenen Erdarbeiten bei etwa 18 Fufs Tiefe auf eine 2 bis 3 Fufs mächtige graue Erdschichte, aus welcher sich eine so bedeutende Quantität Schwefelwasserstoffgas entwickelte, dafs mehrere Arbeiter erkrankten. Bei genauerer Untersuchung dieser aus allerlei Abraum entstandenen und eine Menge Knochen enthaltenden Erde fand sich neben weifsem erdigem Gyps eine grofse Quantität kleiner Drusen mit Schwefelkryställchen bis zur Gröfse einer halben Linie. Auch Ulex findet die richtige Erklärung in der Zersetzung des Schwefelwasserstoff.

Das Vorkommen des Schwefels in Drusenräumen von Trachyt, Glimmerschiefer, Lava, Sandstein, in hohlen Räumen von Feuerstein-Geschieben u. s. w. hat gewifs keinen andern Ursprung, als aus Schwefelwasserstoff-Exhalationen, welche diese Gesteine durchzogen haben.

Dagegen hat der Schwefel in Erzgängen, die Schwefelmetalle führen, einen andern Ursprung. In Begleitung von Bleiglanz und kohlensaurem Bleioxyd ist der Procefs seiner Entstehung nicht zweifelhaft. Das kohlensaure Bleioxyd ist, wie seine Umwandlungs-Pseudomorphosen noch Bleiglanz andeuten, offenbar durch Zersetzung von Bleiglanz entstanden. Der in seiner Nähe gefundene Schwefel kann daher nur vom zersetzten Bleiglanz herrühren. Auch der Schwefel, welcher sich, wie zu *Tarnowitz* in *Schlesien,* auf Bleierde findet, hat gewifs denselben Ursprung, da die Bleierde gleichfalls ein Zersetzungsproduct des aus Bleiglanz hervorgegangenen kohlensauren Bleioxyd ist. Der Schwefel, in Begleitung anderer Schwefelmetalle, wie Kupferkies, Eisenkies, ist, wie nicht zu zweifeln, gleichfalls aus der Zersetzung derselben hervorgegangen. Der Schwefel, welchen man als Sublimat von Steinkohlen-Bränden findet, und der sogar schön krystallisirt erscheint,

---

[1]) Jahresb. 1852. S. 830.

rührt wahrscheinlich von einer Zersetzung der Schwefelkiese durch Hitze her.

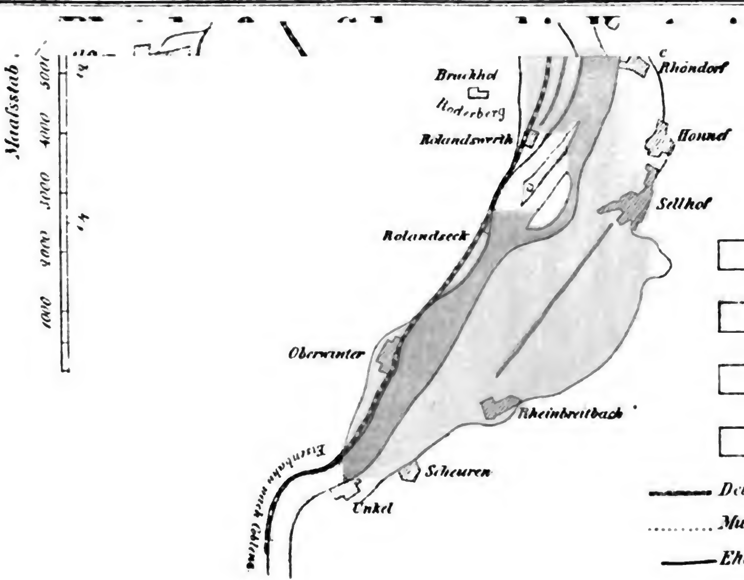
Fassen wir alle Thatsachen über das Vorkommen des Schwefels zusammen, so kommen wir zu dem sichern Schlusse, dafs er nirgends ein ursprüngliches Erzeugnifs sein könne, sondern was seine Hauptfundorte betrifft, stets durch Zersetzung von Schwefelwasserstoff entstanden ist.

Da der natürliche Schwefel rhombisch, der künstliche durch Schmelzen krystallisirte klinorhombisch ist: so ist zu schliefsen, dafs jener nicht das Product einer Schmelzung sein kann. Dazu kommt, dafs auch der rhombische Schwefel künstlich, aber nur aus Lösungen, wenn auch nicht aus wässrigen, erhalten wird.

So wie der Kohlenstoff seine Existenz auf Erden der organischen Natur verdankt, so scheint es auch mit dem Schwefel der Fall zu sein. Durch die lebenden Pflanzen wird die Kohlensäure, durch die abgestorbenen, so wie überhaupt durch organische Ueberreste werden die schwefelsauren Salze zersetzt. Darin, so wie in vielen andern Processen, zeigt sich der wichtige Einflufs des organischen Reiches auf das unorganische, und die Existenz des Schwefels vor dem Beginne jenes Reichs erscheint sehr zweifelhaft.

Bonn, Druck von Carl Georgi.

zu Seite 199.


Maafsstab.
5000
4000
3000
2000
1000
Bruckhof
Roderberg
Rolandswerth
Rolandseck
Oberwinter
Eisenbahn nach Coblenz
Unkel
Scheuren
Rheinbreitbach
Sellhof
Honnef
Rhöndorf
Das das Rheinthal einschliessende Gebirge
Jetziges Rheinbett.
Erste Terrasse.
Zweite Terrasse.
Deutlich erkennbarer
Muthmasslicher
Uferrand
Ehemalige schmale Arme des Rhein mit
deutlichen Uferrändern.

